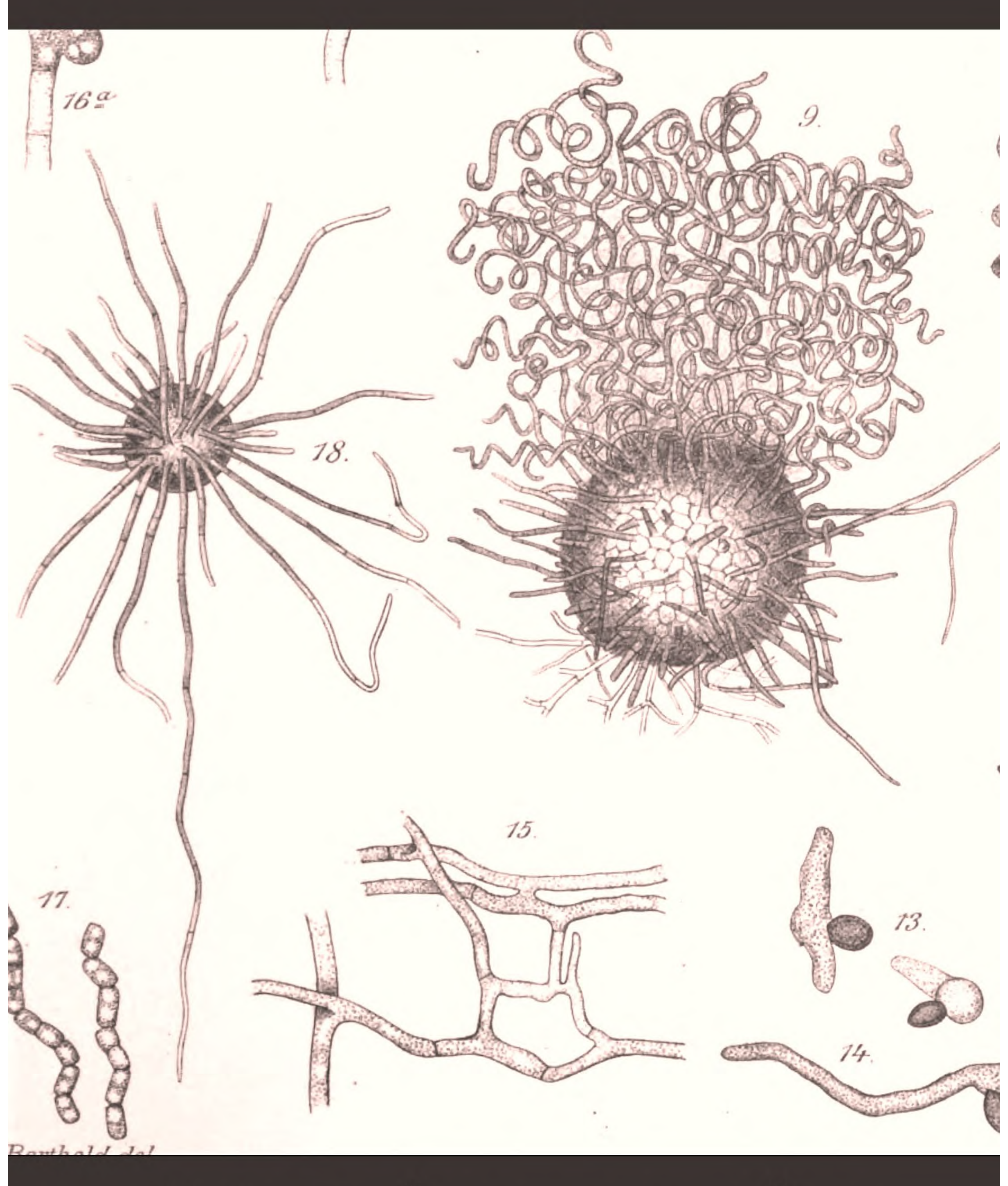
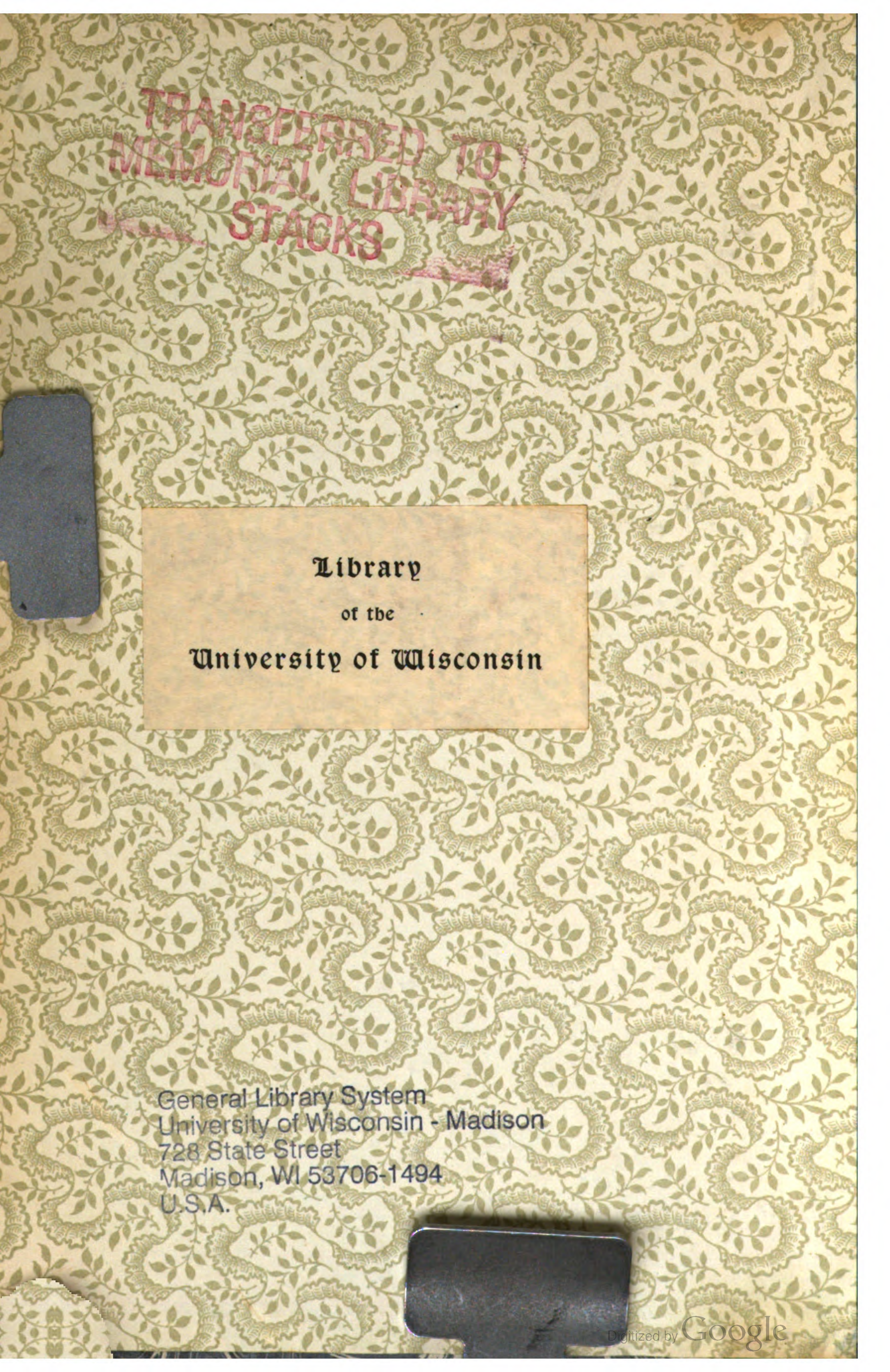
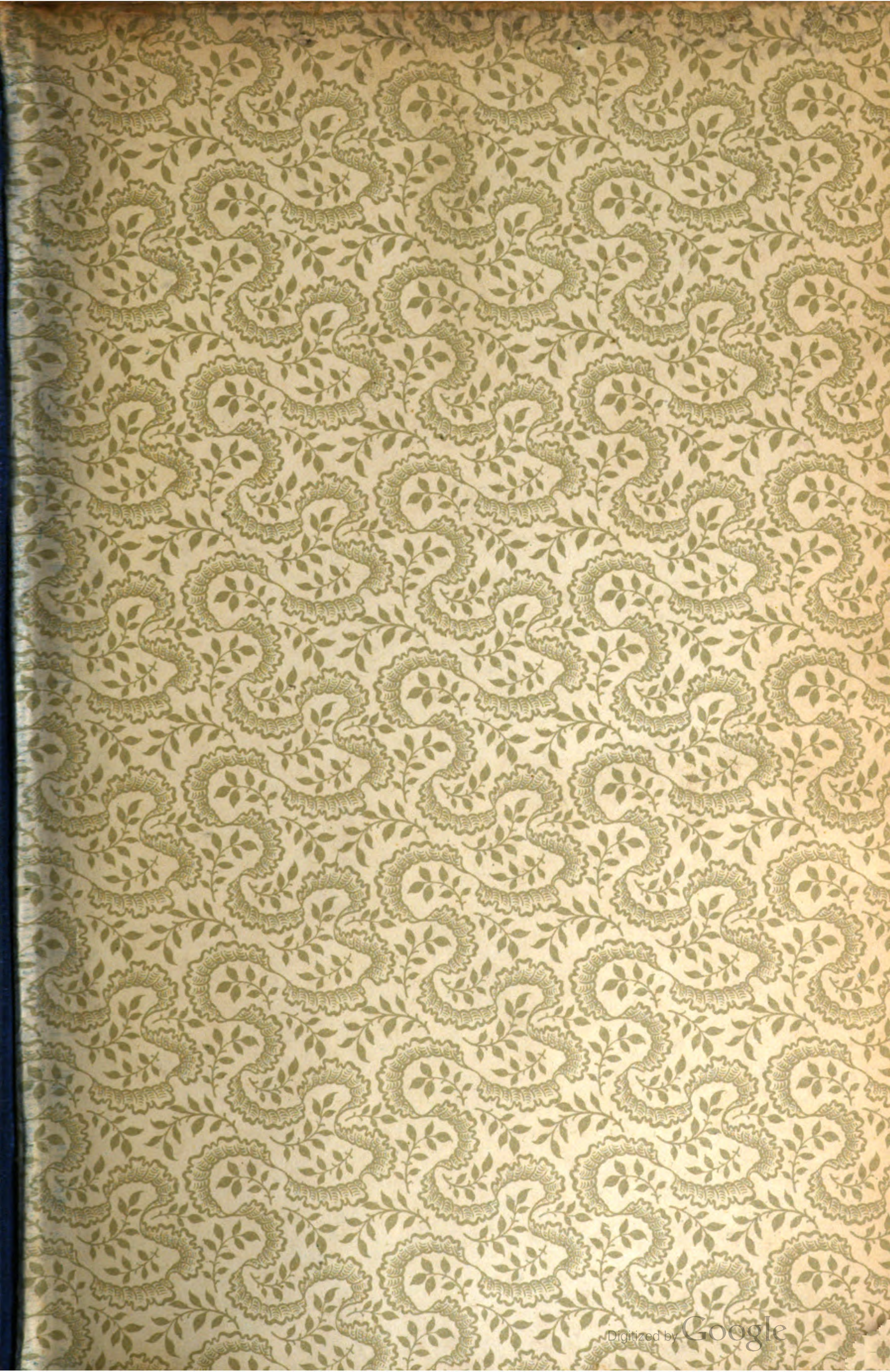


Untersuchungen aus dem Botanischen Laboratorium ...

Universität Göttingen. Botanisches Laboratorium


TRANSFERRED TO
MEMORIAL LIBRARY
STACKS
Library
of the
University of Wisconsin
General Library System
University of Wisconsin - Madison
728 State Street
Madison, WI 53706-1494
U.S.A.
Digitized by Google





UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

BOTANISCHEN LABORATORIUM

DER

UNIVERSITÄT GÖTTINGEN.

HERAUSGEGEBEN VON

DR. J. REINKE,
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN.



ERSTES HEFT.

DIE ZERSETZUNG DER KARTOFFEL DURCH PILZE.

VON

J. REINKE UND G. BERTHOLD.

MIT NEUN LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

BERLIN 1879.

VERLAG VON WIEGANDT, HEMPEL & PAREY.
(PAUL PAREY.)

DIE
ZERSETZUNG DER KARTOFFEL
DURCH PILZE.

VON

J. REINKE UND G. BERTHOLD.



MIT NEUN LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

BERLIN 1879.

VERLAG VON WIEGANDT, HEMPEL & PAREY.

(PAUL PAREY.)

Inhalt des ersten Heftes.

Vorwort.

Mit dem vorliegenden Hefte foll keineswegs eine neue periodifche Zeitfchrift beginnen. Daffelbe bildet eine felbftändige Monographie, deren äufserer Titel nur andeutet, dafs die Herausgabe einer Serie botanifcher Unterfuchungen von ähnlichem Umfange wie die vorliegende angeftrebt wird, und dafs nur im hiefigen botanifchen Laboratorium entftandene Arbeiten in diefem Verbande Aufnahme finden werden.

In Bezug auf den Inhalt diefes erften Heftes fei noch bemerkt, dafs uns während der Ausarbeitung deffelben das Bulletin de la société botanique de France 1877 nicht zugänglich war, und dafs ich erft durch den foeben erfchienenen Jahresbericht für 1877 auf die darin enthaltene Arbeit VAN TIEGHEM'S über Bacillus Amylobacter aufmerkfam gemacht worden bin. Ob der Bacillus der faulenden Kartoffeln mit diefem B. Amylobacter identifch ift, bedarf daher noch befonderer Prüfung, erfcheint mir aber nach den Angaben VAN TIEGHEM'S kaum zweifelhaft.

Göttingen, im Mai 1879.

Reinke.



ERSTER ABSCHNITT.

Die Nass- und Trockenfäule der Kartoffelknollen.

Unter den Zerfetzungsproceffen, deren Beute unfere Feldfrüchte fo häufig werden, haben die Zerftörungen der Organifation der Kartoffelpflanze und ihrer Theile ftets ein befonderes Intereffe auf fich gezogen, einmal wegen ihres rapiden Verlaufes und ihrer epidemifchen Ausbreitung, befonders aber weil die Kartoffel fchon als Rohproduct in die Haushaltungen, und zwar die gröfsten wie die kleinften, hineinwandert. Aus den Erfahrungen im eigenen Haufe ift aber Jedem bekannt, dafs befonders in Jahren, wo die fogenannte Kartoffelkrankheit herrfcht, im Keller oft noch ein beträchtlicher Procentfatz der anfcheinend gefund eingebrachten Knollen durch Fäulnifs zu Grunde geht. Auf gröfseren Oeconomien hat man fich häufig genug veranlafst gefehen, folche in Verwefung übergegangene Kartoffeln centnerweife auf die Dungplätze zu fchaffen.

Wenn wir die in der Geftalt von verdorbenen Kartoffeln jährlich weggeworfene Menge organifcher Subftanz — der Einfachheit wegen foll nur das Stärkemehl berückfichtigt werden — als Rente des Kartoffeln bauenden Areals der Erdoberfläche würden berechnen können und den abfoluten Werth diefer Rente feftftellen, fo würden wir ficher eine Ziffer von bedeutender Höhe erhalten, einer Höhe, die es dem Landwirth wie dem Botaniker als lohnende Aufgabe mufs erfcheinen laffen, zu unterfuchen, ob und wie man die Ziffer diefer negativen Rente herabdrücken könne.

Wir haben daher zu fragen, ob wir im Stande find, die Urfachen der Fäulnifs der Kartoffelknollen zu verhindern oder zu hemmen, und ob man wirklich Veranlaffung hat, die als verdorben angefehenen Kartoffeln einfach wegzuwerfen, oder ob fich nicht ein Theil der in denfelben gegebenen organifchen Subftanz retten und z. B. für technifche Zwecke verwerthen läfst.

Die hier in ihren Umriffen angedeutete Aufgabe gliedert fich in eine rein wiffenfchaftlich-botanifche und eine practifch-öconomifche Unterfuchung, von denen nur die *botanifche* in Angriff genommen wurde; die Refultate diefer Unterfuchung gelangen auf den folgenden Blättern zur Mittheilung.

Die Frage nach der Fäulnifs der Kartoffelknollen fällt zufammen mit der Frage der fogenannten Kartoffelkrankheiten und kann demnach als theilweife bereits gelöft angefehen werden. Immerhin find aber die in der feitherigen Literatur gegebenen Darftellungen nicht ausreichend, um ein völlig umfaffendes Gefammtbild der in Rede ftehenden Erfcheinungen daraus entwickeln zu können; die von uns gewonnenen Beobachtungen mögen dazu dienen, um einige der noch vorhandenen Lücken ausfüllen zu helfen.

Unter der Kartoffelkrankheit par excellence verfteht man jene verheerende Epidemie, welche in dem rafchen fich Schwärzen und Verdorren des Krautes fichtbar wird, um von dort auf die Stengeltheile und die Knollen fich fortzufetzen. Durch SPEERSCHNEIDER*) ift der Beweis geliefert worden, dafs die Erkrankung nicht nur des Krautes, fondern auch der Knollen durch einen und denfelben parafitifchen Pilz, durch die Phytophthora infestans, herbeigeführt wird, was feither allgemeine Beftätigung erfahren hat.

Die Infection der Kartoffelknolle durch diefen Pilz findet in der Weife ftatt, dafs das Mycelium deffelben in den Intercellularräumen der Knolle vordringend, einen gleichfam vergiftenden Einflufs auf die Lebensthätigkeiten der Zellen ausübt. Dabei kann das Gewebe einer

*) Bot. Zeit. 1857. Nr. 8.

Kartoffel noch völlig frifch und gefund erfcheinen und doch bereits vollständig von Pilzen durchwachfen fein. Die Untersuchungen DE BARY'S *) haben gelehrt, dafs wenn man die frifch erfcheinende Schnittfläche einer folchen Kartoffel im feuchten Raume cultivirt, diefelbe fich nach kurzer Zeit bedeckt mit den hervorfproffenden Conidienträgern des gefürchteten Pilzes.

Das von Phytophthora inficirte Gewebe verfällt dann einer rafchen Desorganifation, die durch Bräunung der Zellen fich auf der Schnittfläche zu erkennen giebt. In der Regel treten gleichzeitig auf der Oberfläche der Kartoffel eine Anzahl anderer Pilze auf, denen die Vollendung des Zerftörungswerkes zufällt, indem die Phytophthora als ächter Parafit in dem bereits abgeftorbenen Gewebe wieder verfchwindet.

Während man ehemals diefe fecundär erfcheinenden Pilze, als deren wichtigfte Repräfentanten hier zunächft nur die von den früheren Botanikern als Fufifporium und Spicaria Solani bezeichneten Arten erwähnt fein mögen, für die *urfprünglichen* Zerftörer der Kartoffelknolle hielt, ift diefe Anficht durch DE BARY bereits endgültig widerlegt worden. Derfelbe hat gezeigt,**) dafs Fusisporium und Spicaria niemals von Aufsen her oder auch von Wundflächen in das Innere *gefunder* Kartoffelknollen einzudringen vermögen, fondern dafs dem Mycelium diefer Pilze nur dann die Durchbohrung des Kartoffelgewebes gelingt, wenn das letztere zuvor durch Phytophthora lebens- und daher widerftands-unfähig gemacht worden war. Nach diefer Ermittelung, welche wir aus eigenen, zahlreichen Verfuchen beftätigen können, find Spicaria, Fusisporium und andere fogleich zu erwähnende Pilze nur *Saprophyten*, denen durch die *parafitifche* Phytophthora vorgearbeitet, der Boden bereitet werden mufs. Das conftante Auftreten diefer Pilze auf kranken Kartoffeln erklärt sich leicht aus der allgemeinen Verbreitung ihrer Conidien an der Erdoberfläche und dadurch auf den Schalen auch der gefunden Kartoffeln.

*) Die gegenwärtig herrfchende Kartoffelkrankheit. Leipzig. 1861.
**) a. a. O. S. 43 ff.

Immerhin ift es aber von Wichtigkeit, die auf die Phytophthora-Infection folgenden und neben derfelben herlaufenden Zerfetzungs-Erfcheinungen der Kartoffelknolle genauer ins Auge zu faffen.

Schon im Sprachgebrauche des practifchen Lebens werden zwei Haupttypen der Zerfetzungs-Erfcheinungen an Kartoffelknollen unterfchieden, die *Nafsfäule* und die *Trockenfäule*. Nafsfaul nennt man eine Kartoffel, wenn das gefammte von den Kartofteln eingefchloffene Gewebe fich mehr oder weniger verflüffigt, in einen jauchigen, dabei fehr ftreng und characteriftifch riechenden Brei fich auflöft, während an der Oberfläche der Kartoffel meiftens Rafen von Schimmelpilzen hervorbrechen, die aber auch fehlen können. Trockenfaul heifst dagegen die in Verwefung begriffene Kartoffel, wenn ihr Gewebe in eine lockere, fchwammige, fich trocken anfühlende und auf dem Durchfchnitt marmorirt erfcheinende Maffe fich umwandelt; die trockenfaule Kartoffel bedeckt fich früher oder fpäter immer mit Rafen von Schimmelpilzen.

Die Pilze, welche man auf der Oberfläche trocken- wie nafsfauler Kartoffeln findet, find im Allgemeinen die gleichen Arten. Auf jeden Fall ift ficher, dafs die beiden verfchiedenen Typen der Zerfetzung nicht etwa durch zwei verfchiedene Kategorien von Schimmelpilzen hervorgerufen werden. Verwefende Kartoffeln dienen fehr zahlreichen Pilzen als Unterlage, als Ernährungs-Magazin, ein Theil diefer Pilze gehört zu den allverbreiteten Arten, die auf jeder der Luft ausgefetzten organifchen Subftanz fich auzufiedeln pflegen, andere, wie die bereits oben namhaft gemachten Formen, find für faulende Kartoffeln charakteriftifch. Einigen diefer Pilze fällt ganz vorzugsweife die Arbeit zu, das durch Phytophthora abgetödtete Kartoffelgewebe zu zerftören, während das Mycelium anderer nur auf der Oberfläche der Knollen umherkriecht, denfelben verhältnissmässig wenig Subftanz entziehend.

Es foll nicht der Verfuch gemacht werden, ein vollftändiges Verzeichnifs der häufig oder gelegentlich auf Kartoffeln vorkommenden Pilze zu liefern. Eine folche Lifte würde vorausfichtlich doch lückenhaft ausfallen, indem ficherlich noch andere faprophytifche Pilze als die bereits beobachteten, auch einmal auf Kartoffeln würden wachfen

können. Nur die während diefer Unterfuchung in Göttingen häufig auf Kartoffeln gefundenen Arten mögen hier eine Erwähnung finden, und fei bemerkt, dafs die eigentliche Zerftörung der Gewebe der Kartoffel von den mit Cursiv-Lettern gedruckten Arten beforgt wird, welche auch fpontan faft nur auf verwefenden Kartoffeln gefunden werden.

Auf trockenfaulen, theilweife auch auf nafsfaulen Kartoffeln wurden folgende Pilze beobachtet:

Hypomyces (Fusisporium) *Solani, Nectria* (Spicaria), *Solani**) *Verticillium cinnabarinum, Chaetominum crispatum* und *bostrychodes,* Stysanus Stemonitis und capitatus, Cephalosporium sp. indef., Botrytis cinerea, Penicillium glaucum, Eurotium herbariorum, mehre Aspergillus Arten, Torula sp., Arthrobotrys oligorpora, Chaetostroma sp.- Rhopalomyces elegans, Haplotrichum sp., Pleospora herbarum, Verticillium atro-album.

Auf nafsfaulen Kartoffeln fanden fich aufser verfchiedenen der foeben erwähnten Schimmelpilze, insbefondere der curfiv gedruckten, noch verfchiedene, unten zu erwähnende Bacterien, an Myxomyceten: Dictyostel ium mucoroides, ein Didymium, eine Licea, an Thieren: Milben (Acarus Solani), Nematoden, Arthropoden-Larven und verfchiedene Protozoen.

Was nun zunächst die Symptome anlangt, unter welchen die fogenannte *Trockenfäule* der Kartoffeln fich darftellt, fo ward das weit entwickelte Stadium diefer Zerfetzung bereits oben kurz charakterifirt. Die Kartoffel ift äufserlich trocken anzufühlen, auf ihrer Schale finden fich kleine weifsliche Pufteln von Pilz-Conidienträgern, in der Regel von Nectria und Hypomyces Solani, oder auch die mehr ausgebreiteten ziegelrothen Rafen des Verticillium cinnabarinum; felten nur trifft man hier Fruchtkörper eines Chaetomium**).

---

*) Ueber die Nomenclatur diefer beiden Pilze vergleiche den zweiten Absfchnitt diefer Unterfuchungen.

**) Die weniger charakteriftifchen Pilzformen find bei diefer Darftellung aufser Acht gelaffen worden.

Die hochgradig trockenfaule Knolle ift *leichter* als eine gefunde Kartoffel. Im Innern der Korkfchale findet man entweder eine gelblich-weifse, zerreibliche, pulverifirbare, oder eine flockige, zunderartige Subftanz an Stelle des normalen Gewebes; beide Zerfetzungsformen können auf dem Durchfchnitt einer Knolle mit einander wechfeln, diefelbe erhält dann ein weifslich-gelblich-röthlich-bräunlich marmorirtes Ausfehen.

Die zu Pulver zerreibbaren Theile einer trockenfaulen Kartoffel beftehen oft aus reinem Stärkemehl, hier und da mit Reften von Zellhäuten und Pilzfäden gemifcht. In den braunen zunderartigen Parthien findet man das Zellgewebe der Kartoffel in feinem Zufammenhange erhalten, aber vielfach die Zellwände, oft auch die Stärkekörner von Pilzfäden durchbohrt.*) Die hellröthlich, flockig erfcheinenden Stellen einer folchen Kartoffel beftehen oft nur aus dicht verflochtenen Pilzfäden, zwifchen denen man noch fporadifch einige corrodirte Stärkekörner, aber keine Zellwände mehr findet.

Unterfucht man erft theilweife trockenfaul gewordene Kartoffeln, fo findet man in den jüngeren Stadien der Zerfetzung das zwar gebräunte und von Pilzfäden durchwachfene, aber fonft noch wenig veränderte Gewebe der Kartoffel. Die trockenfaulen Stellen können fich dann allmählig über die ganze Kartoffel ausbreiten; in einigen, aber verhältnifsmäfsig wenigen Fällen fand fich, daft das noch gefunde Gewebe gegen eine trockenfaule Beule eine Korkfchicht erzeugt hatte, welche dem Vordringen der Zerfetzung Einhalt gethan zu haben fchien. Die Abgrenzung trockenfauler Theile gegen das übrige Gewebe durch eine Korkfchicht ift fchon von SCHACHT**) befchrieben und abgebildet worden.

*) Bei Objectträgerculturen gelang es nur an den Hyphen der Chaetomium-Arten das Hineinwachfen in Stärkekörner zu beobachten. In den Kartoffelknollen fcheinen aber auch die Mycelien von Hypomyces und Nectria die Stärkekörner zu durchbohren, wenigftens wurden durchbohrte Stärkekörner auch in faulen Kartoffeln beobachtet, auf deren Oberfläche niemals Chaetomium = Fruchtkörper erfchienen.

**) Bericht über die Kartoffelpflanze und deren Krankheiten. 1854. Taf. VIII. Fig. 11.

Die Trockenfäule entſteht nur ſelten, ohne daſs naſſe Fäule der betreffenden Knolle vorausgegangen wäre. Die Symptome der Trockenfäule zeigen ſich nämlich an Kartoffeln, die an trocknen und luftigen Orten aufbewahrt werden, von denen aber angenommen werden darf, daſs ſie früher einmal naſs gelegen haben. Findet man Kartoffeln, die anſcheinend geſund vom Felde kommen, an ihrem Aufbewahrungsorte trockenfaul werden, ſo müſſen wir annehmen, daſs dieſe Knollen doch bereits durch Phytophthora widerſtands-unfähig gegen ſaprophytiſche Pilze gemacht worden waren. Denn ebensowenig wie DE BARY iſt es uns gelungen, Knollen von wirklich geſunden Stauden mit Hypomyces, Nectria, Verticillium und Chaetomium zu inficiren oder gar trockenfaul zu machen; wenn die Sporen dieſer Pilze auf feucht gehaltenen Schnittflächen auch zur Keimung gelangten, ſo beſchränkte das ſpärlich entwickelte Mycelium ſich doch auf die äuſserſten Zellenſchichten, in den dicht darunter gelegenen Schichten bildete sich durch Theilung parallel der Schnittfläche eine Korkplatte aus, welche ein völlig wirkſames Schutzmittel für die inneren Theile der Kartoffelknolle gegen dieſe Pilze darſtellt. Eine durch Phytophthora aber, man möchte ſagen vergiſtete Knolle ſcheint über ſolches Schutzmittel, der Bildung einer Korkplatte gegen die Wundflächen, nicht mehr zu verfügen, ſie fällt daher den ſaprophytiſchen Schimmelpilzen zur Beute.

Wird eine trockenfaule Kartoffel in Näſſe gelegt, ſo kann man den naſsfaulen Zuſtand dadurch erzeugen.

Von viel gröſserer Verbreitung und darum auch Wichtigkeit iſt die als *Naſsfäule* bekannte Zerſetzung der Kartoffeln. Naſsfaule Kartoffeln findet man häufig im Herbſte auf Aeckern nach mehrtägigem Regen, vielfach werden ſie auch in feuchten Kellern angetroffen, naſſe oder doch ſehr feuchte Aufbewahrung dient weſentlich zur Beförderung dieſer Zerſetzungsform. Uebrigens kommen naſsfaule Individuen auch an ganz trocknen Aufbewahrungsorten vor, es iſt dann aber die Korkſchale unverletzt, ſo daſs eine ſtärkere Verdunſtung immerhin ausgeſchloſſen erſcheint.

Die Naſsfäule der Kartoffel unterſcheidet ſich von der Trockenfäule

dadurch, dafs das Innere der Knolle ganz oder theilweife in eine breiartige oder jauchige, höchft übelriechende Maffe übergeht. Auf der Oberfläche nafsfauler Kartoffeln findet man häufig Rafen der Conidienträger von Hypomyces und Nectria Solani, feltener von Verticillium cinnabarinum oder Fruchtkörper von Chaetomium; es giebt aber auch nafsfaule Kartoffeln, welche keine Spur diefer Pyrenomyceten aufweifen.

Dafs diefe Pyrenomyceten auch bei der naffen Fäule der Kartoffel nicht primäre Urfache, fondern nur fecundär in Ausnutzung der fich ihnen darbietenden günftigen Vegetationsbedingungen auftreten und an der Zerftörung der Kartoffel Theil nehmen, läfst fich von vorne herein als wahrfcheinlich annehmen. Aber auch Culturen diefer Pilze auf nafs gehaltenen, fonft jedoch durchaus gefunden Knollen haben eine directe Beftätigung dafür geliefert, indem auch in diefem Falle die Knollen ihre Wundflächen durch ausgefchiedene Korkplatten vollftändig zu fchützen vermochten.

Auch die Nafsfäule der Kartoffeln kann durch vorhergegangene Infection des Gewebes mit Phytophthora infestans bedingt oder begünftigt worden fein. Dafs aber in der Phytophthora nicht immer die primäre Urfache der Nafsfäule gegeben ift, wird fchon durch den Umftand bewiefen, dafs eine Knolle nafsfaul werden kann, ohne jemals Phytophthora-krank gewefen zu fein. Wir werden deswegen nach einer anderen Urfache der Nafsfäule zu fuchen haben.

Schon oben wurde erwähnt, dafs aufser den gelegentlich auf nafsfaulen Kartoffeln gefundenen Myxomyceten auch Bacterien fich zeigen. In der That find diefe Bacterien conftante Begleiter der Nafsfäule, und hieraus ergiebt fich ein Fingerzeig für die wahre Urfache diefer Zerfetzungsform.

Wenn eine durch Phytophthora inficirte Kartoffelknolle in Näffe liegt, fo geht fie rafch in den nafsfaulen Zuftand über; fobald aber die erften Symptome der Nafsfäule fich zeigen, finden fich Bacterien in Menge im nafsfaulen Gewebe. Hiernach könnte man noch denken, dafs die Phytophthora die nafsfaule Zerfetzung verurfache, obgleich freilich durch fie in einer trocken aufbewahrten Kartoffel keine Nafs-

fäule erregt wird, und dafs die Bacterien nur fecundär die Zerfetzung befchleunigen. Allein wenn man mit der bacterienhaltigen Flüffigkeit aus einer nafsfaulen Kartoffel eine völlig gefunde, und fpeciell Phytophthora-freie Knolle impft, fo gelingt immer eine locale Erzeugung von Nafsfäule in der feucht gehaltenen Knolle, nicht felten wird diefelbe in kürzefter Frift total nafsfaul. Nur in den Bacterien und den von ihnen gebildeten Fermenten kann deshalb die Urfache der Nafsfäule enthalten fein, durch die Phytophthora wird nur das Gewebe einer Kartoffelknolle befonders günftig für die Wirkung der Bacterien prädisponirt.

Es ift nothwendig, diefe allgemein gehaltene Sätze durch einige fpeciellere Ausführungen zu erläutern.

Die Bacterien verlangen für ihre Entwickelung die Gegenwart von Näffe. Wenn man eine bereits nafsfaule Kartoffel in einen trocknen, luftigen Raum bringt, fo geht der nafsfaule Zuftand faft immer fchnell in den trockenfaulen über. Die Mehrzahl der trockenfaulen Kartoffeln dürfte auf diefe Weife aus partiell nafsfaulen entftanden fein.

Die Nafsfäule zeigt fich in zwei Varietäten, je nachdem die oben erwähnten Pyrenomyceten in der nafsfaulen Knolle wuchern, insbefondere Hypomyces Solani, oder nicht; der letztere Fall ift der feltnere, die nafsfaule Zerfetzung hat dann aber meift einen rapideren Verlauf.

Die Zerfetzung des Gewebes der Kartoffel bei der Nafsfäule ift fchon von SCHACHT*) im Allgemeinen richtig gekennzeichnet worden.

Die Fäule beginnt immer in kleinen, oft nur mikrofkopifchen Wundftellen, um von hier im Gewebe fich zu verbreiten. Zuerft fieht man die Zellen wie bei Maceration in verdünnter Kalilauge von einander fich trennen, ihre Zwifchenräume find mit einer wäffrigen, an Bacterien reichen Flüffigkeit angefüllt; fchon hierdurch wandelt fich das fefte Parenchym in eine breiartige Maffe. Bald werden dann aber auch — unzweifelhaft unter dem Einfluffe eines von den Bacterien

*) a. a. O. S. 20 ff.

ausgefonderten Fermentes — einzelne Theile der Zellwand gelöft, man fieht die Bacterien im Innern der Zellen; find gleichzeitig Fadenpilze vorhanden, fo haben ihnen diefe wohl theilweife den Weg dahinein gebahnt. In kurzer Frift werden die Wände der Parenchymzellen nach vorhergegangener, ftarker Aufquellung vollftändig reforbirt und die anfcheinend noch wohl erhaltenen Stärkekörner fchwimmen dann frei in der dicht von Bacterien erfüllten Flüffigkeit, die aufserdem Fadenpilze beherbergen kann oder auch frei davon ift. Nunmehr ift der ganze Raum innerhalb des Kartoffelperidermas von einer weifslich- bis ochergelben Jauche erfüllt, von einem höchft penetranten und widerwärtigen Geruch, welcher fich aus dem Geruch der Butterfäure mit einem anderen ftrengen Geruche zu mifchen fcheint. Unter dem Mikrofkope fieht man die Jauche von Stärkekörnern erfüllt, welche von allen Theilen der Kartoffel gegen die Einwirkung der Bacterien fich am refiftenteften erweifen.

Wenn in diefem Stadium die Knolle rafch ausgetrocknet wird, fo verfchwindet die wäfferige Flüffigkeit mit den Bacterien, und das Stärkemehl erfüllt den gröfseren Raum innerhalb der Kartoffelfchale als eine weifsliche, zerreibliche Maffe, der übrige Raum ift leer.

Bei weiterem Fortfchreiten der Zerfetzung werden auch die Stärkekörner angegriffen. Zunächft fieht man Bacterien ihrer Oberfläche adhäriren, dann bemerkt man zuerft auf der Mitte der flachen Körner Corrofionen und Riffe, (Taf. VII, Fig. 8,) fpäter zeigen fich folche Riffe und Spalten auch am Rande des Stärkekorns, von wo aus fie fchliefslich radial bis zur Mitte vordringen (Fig. 9 a, b, c.) So wird allmählig auch die Subftanz der Stärkekörner in Löfung gebracht; das Ausfehen der corrodirten Körner entfpricht dabei dem Ausfehen der im Organismus phanerogamer Gewächfe fich löfenden Stärkekörner.

Die Auflöfung der Stärker in der nafsfaulen Kartoffel kann nur erfolgen durch ein in dem fie umgebenden Medium vorhandenes Ferment, und dies Ferment mufs von den Bacterien geliefert werden. Denn hat man durch Austrocknen die Bacterien zum Verfchwinden gebracht, fo hört auch die charakteriftifche Corrofion der Stärkekörner auf, nur von

Fadenpilzen werden dieſelben dann angebohrt, deren fortwachſende Spitzen ein ähnliches Ferment ausſondern müſſen.

Es ſind in den habituellen Symptomen der Naſsfäule die verſchiedenſten Combinationen und Abſtufungen bemerkbar, je nachdem auſser den Bacterien auch Fadenpilze vorhanden ſind oder nicht, und je nach der relativen Menge dieſer Pilze. Die Rapidität des Verlaufs der Zerſetzung richtet ſich danach, ob die einzelnen Kartoffel-Individuen widerſtands-fähiger ſind oder nicht, und ob ſie mehr oder weniger naſs liegen.

Schon durch SCHACHT*) iſt conſtatirt worden, daſs, während die trockene Fäule nicht anſteckend auf geſunde Kartoffeln zu wirken vermag, durch naſsfaule Kartoffelmaſſe, insbeſondere durch die aus einer naſsfaulen Knolle austretende Flüſſigkeit geſunde Kartoffeln ſehr leicht naſsfaul gemacht werden können.

Die eignen Beobachtungen über die Anſteckungsfähigkeit der Naſsfäule haben folgendes gelehrt.

Es wurde nach und nach eine gröſsere Zahl von geſunden Kartoffeln mit der aus einer hochgradig naſsfaulen Kartoffel hervortretenden, an Bacterien reichen Flüſſigkeit geimpft. Die Impfung ward in der Weiſe vollzogen, daſs aus der geſunden Knolle mit ſcharfem Meſſer ein dreiſeitig-pyramidales Stück herausgeſchnitten wurde. In die ſo hergeſtellte, 10 bis 15 *mm* tiefe Wunde wurde ein Tropfen der bacterienhaltigen Flüſſigkeit gebracht, ſchnell die Pyramide wieder hineingeſchoben und feſt eingedrückt. Ein Theil der ſo geimpften Kartoffeln ward dann mit der verſchloſſenen Wunde nach oben frei hingelegt, andere mit der Wunde auf naſſes Flieſspapier gedrückt unter eine Glasglocke mit Waſſer geſattigter Athmoſphäre. Die Wundflächen der frei hingelegten Kartoffeln waren nach Verlauf von Tagen und Wochen faſt immer trocken geworden, das pyramidale Stück eingeſchrumpft, die Knolle hatte auf der Wundfläche eine Korklage gebildet, zur Erzeugung von Naſsfäule war es nicht gekommen. Von

*) a. a. O. S. 22.

den Knollen dagegen, deren Wundflächen vor Austrocknung geschützt worden waren, sind immer einzelne vollständig durch das ganze Innere hindurch nafsfaul geworden, und zwar manchmal in 2 bis 3 Tagen. Bei der Mehrzahl dieser Knollen war aber die durch die Impfung sogleich erzeugte Nafsfäule auf die nächste Umgebung der Wunde beschränkt geblieben. Die herausgeschnittene Pyramide war ganz weggefault bis auf das Periderma, und das unmittelbar daran grenzende Kartoffelgewebe hatte sich ebenfalls in einen gelblichen Brei aufgelöst. Ein durch die Fäulnifsbeule geführter Längsschnitt lehrte nun, dafs dieselbe durch eine in einem wechselnden Abstande von der Wundfläche verlaufende, vom gesunden Gewebe der Kartoffel abgeschiedene, dicke Korkschicht vollständig abgegrenzt war; diese Korkschicht bildete ein absolutes Hindernifs gegen das weitere Vordringen der Zersetzung in die übrigen Theile der Knolle (Taf. VII, Fig. 7).

Auch die äufsere Korkschale bildet eine vollkommen sichere Schutzwehr gegen die Infection einer Kartoffelknolle durch Nafsfäule-Bacterien, wenn dieselbe nirgends von kleinen Verletzungen durchbrochen ist. Wir haben eine gesunde Kartoffel monatelang mit ihrer unteren Seite in nafsfauler, wäfsriger Jauche, die, in Wunden geimpft, sogleich Nafsfäule erzeugte, liegen lassen, ohne dafs dieselbe inficirt worden wäre.

Es ist schon oben erwähnt worden, dafs verschiedene Kartoffel-Individuen eine verschieden grofse Widerstandsfähigkeit gegen die Infection durch Nafsfäule-Bacterien zeigten. Es kann diese Differenz darauf beruhen, dafs die eine Knolle Phytophthora-krank war, eine andere nicht. War eine Knolle schon vom Mycelium der Phytophthora durchsetzt, so beobachteten wir mehrfach, dafs solche Knollen, selbst wenn sie ganz trocken an der Luft lagen, in kurzer Zeit durch und durch nafsfaul wurden und keine Korkplatte gegen das Vordringen der Bacterien zu erzeugen vermochten. Diese Kartoffeln sind also durch die Phytophthora den Bacterien gegenüber ebenso ungünstig prädisponirt, wie gegen Verticillium, Hypomyces und Nectria Solani. Wahrscheinlich haben wir uns diese Erscheinung so zu erklären, dafs jede in der Entstehung begriffene, gegen die Phytophthora ge-

richtete Korkfchicht von diefer fogleich durchbrochen wird, weil nach den darüber vorliegenden Erfahrungen auch ganz dicke Peridermen der Kartoffel von den Fäden der Phytophthora durchbohrt werden können*), dafs aber von Phytophthora berührte Zellen die Theilungsfähigkeit eingebüfst haben.

Differenzen im Widerftands-Vermögen gegen die Infection zeigen fich aber auch zwifchen verfchiedenen Knollen, welche vollkommen frei von Phytophthora find. Wir haben beobachtet, dafs folche Knollen, die in einer Wunde geimpft und unter eine Glasglocke gelegt waren, binnen zwei Tagen fich vollftändig in eine jauchige Maffe umgewandelt hatten, während andere die Bacterien nur auf kurze Strecke in das Parenchym eindringen liefsen, und dann die nafsfaule Stelle durch eine Korkplatte aus ihrem Organismus auszufcheiden wufsten.

Es zeigten im Allgemeinen die im Herbfte gut und vollkommen ausgereiften Kartoffeln, die fich auch im Maximum des Stärkegehalts befanden, fich am widerftandsfähigften gegen die Infection. Die letztere gelang am leichteften bei folchen Knollen, welche noch nicht völlig ausgewachfen waren, deren Gewebe noch relativ viel Waffer enthielt und noch nicht das Maximum des Stärke-Gehalts erreicht hatte. Aber auch 2 Jahre alte Knollen zeigten fich wieder empfänglicher gegen die Infection.

Jedenfalls müffen zwei Momente zufammentreffen, ein äufseres und ein inneres, damit die Nafsfäule in einer Kartoffel ihren rapiden Verlauf gewinne, welcher bereits in wenig Tagen zur vollftändigen Auflöfung führt; erftens inficirende Bacterien mit ihren Fermenten, und zweitens Dispofition des Kartoffel-Individuums. Wo fich in letzterer Hinficht zwifchen verfchiedenen, ausgereiften Kartoffeln Unterfchiede zeigen, da find diefelben theilweife vielleicht in der Race begründet; es wäre denkbar, dafs die wafferreicheren, ftärkeärmeren Sorten leichter der Zerfetzung

*) Vgl den von PRINGSHEIM erftatteten Bericht über Kartoffelkrankheit in Landw. Jahrb. 1876. S. 1131 ff.

zur Beute fallen. Doch mufs diefe Frage durch fpeziell darauf gerichtete, ausgedehnte Verfuchsreihen entfchieden werden.

Darüber, dafs der vermehrungsfähige Anfteckungsftoff der Nafsfäule wirklich in den Bacterien gegeben ift, und nicht etwa in einem von den Bacterien unabhängigen zerfetzten Safte der faulenden Kartoffel, darüber dürfte wohl kaum ein Bedenken entftehen. Eine wefentliche Unterftützung erfährt diefe Deutung auch durch den Umftand, dafs die Nafsfäule fpontan im naffen Erdreich entfteht, wo die Infection durch keine putride Kartoffelmaffe, fondern nur durch Bacterien herbeigeführt worden fein konnte.

Es erübrigt nunmehr noch, zu unterfuchen, durch welche Formen von Bacterien die Nafsfäule der Kartoffeln hervorgerufen wird.

Die am häufigften auftretende Form ift ein Bacillus, der fich mikrofkopifch von dem Bacillus subtilis von COHN nicht unterfcheiden läfst (Taf. VII, Fig. 11), wenigftens ftimmt Form und Dimenfion überein. Auch ift nach COHN Bacillus subtilis Erreger von Butterfäure-Gährung, was mit dem charakteriftifchen Geruche nafsfauler Kartoffeln vereinbar ift.

Im Innern nafsfauler Gewebe findet man den Bacillus in Form von kurzen Stäbchen, bald ruhend, bald im Zuftande lebhafter Bewegung; dazwifchen findet fich meiftens in Menge ein Mikrococcus-Zuftand, der wohl mit dem Bacillus zufammenhängt. Die Bacillusfäden vermehren fich fehr lebhaft durch Theilung.

An der Oberfläche von feucht liegenden Kartoffeln, wo ungünftige Bedingungen der Ernährung gegeben waren, fand fich der Bacillus gelegentlich in einer wefentlich abweichenden Form (Taf. VII, Fig. 12ab). Die Stäbchen bleiben kurz und jedes einzelne fcheidet eine breite Gallerthülle um fich aus, fo dafs gröfsere, durch Gallerte zufammengehaltene Colonien entftehen. (Fig. 12b). Die einzelnen Individuen theilen fich dann innerhalb ihrer Gallerthülle oft in ganz kurze, zuletzt ifodiametrifche Stücke, die zufammen eine kleine Familie bilden, wobei das einzelne Stück zu einem neuen Stäbchen fich ergänzt, meift unter Aenderung der Wachthumsaxe (Fig. 12a).

Es ift anzunehmen, dafs wir hierin einen Zuftand langfamer Vegetation unfers Bacillus befitzen, wie derfelbe fich in feuchtem Erdreich, in Düngerhaufen u. f. w. findet, um bei geeigneter Ernährung in die gewöhnliche Bacillus-Form überzugehen.

Eine zweite Bacterienform, die fich etwas feltener in der nafsfaulen Kartoffel findet, möge mit dem Namen Bacterium Navicula bezeichnet werden. (Taf. VII, Fig. 10). Die Individuen haben die Form eines Weberfchiffchens, fie find von beträchtlicherer Gröfse, einzelne lebhaft bewegt, andere ruhend; fie vermehren fich lebhaft durch Theilung. Im Innern der Bacterienzelle bemerkt man einen oder mehrere dunkle Flecke, welche bei der Behandlung mit Jod eine blaue Färbung annehmen; mitunter färbt auch der ganze Inhalt einer Zelle fich gleichmäfsig blau. Es ift denkbar, dafs diefe Blaufärbung herrührt von Stärke, welche, gelöft durch das von den Bacterien ausgefchiedene Ferment, in das Innere der Zellen hineindiffundirte. Nothwendig ift es freilich nicht, diefe Hypothefe zu machen, um die Blaufärbung des Zellinhalts diefes Bacteriums zu erklären, da ja auch Zellwände anderer Pilze diefe Reaction zeigen können. Erinnert fei nur noch daran, dafs Bläuung des Zellinhalts durch Jod auch für Leptothrix buccalis beobachtet worden ift*); freilich kann auch hier im Speichel der Mundhöhle gelöfte Stärke in die Pilzzellen hienein diffundiren**).

Bacterium Navicula fand fich in nafsfaulen Kartoffeln entweder rein, oder mit Bacillus subtilis gemifcht. Die durch B. Navicula hervorgerufenen Zerfetzungs-Erfcheinungen ftimmen ganz mit den durch Bacillus erzeugten überein, fogar der ftrenge Geruch. Infection gelingt ebenfo leicht durch Bacterium wie durch Bacillus.

---

*) LEBER und ROTTENSTEIN, Unterfuchungen über die Caries der Zähne 1867. S 20.

**) Es würde dazu der Umftand ftimmen, dafs die Leptothrix des Mundes *nicht immer* die Blaufärbung mit Jod annimmt; auch erftreckt fich die Färbung auf den Inhalt der Zellen. — Freilich ift diefelbe Blaufärbung von LEYDEN und JAFFÉ auch für Leptothrix-Fäden aus der Lunge beobachtet worden (D. Archiv f. klin. Medicin. 1866. S. 488).

Drittens wird noch in einigen Fällen eine kleine, farblofe Sarcina beobachtet, welche wir als S. Solani bezeichnen wollen (Taf. VII, Fig. 13). Es finden fich freie Mikrococcus-Individuen und kleine einfchichtige Familien, die durch wiederholte Zweitheilung nach zwei entgegengefetzten Richtungen des Raumes entftanden. Diefe Bacterie fcheint fich in ihren Wirkungen den beiden anderen ganz gleich zu verhalten.

Dafs man in der Flüffigkeit nafsfauler Kartoffeln nicht felten auch dem Bacterium Termo begegnet, wird fchwerlich überrafchen.

Endlich mag noch eine Zoogloea-Form kurz Erwähnung finden, welche einige Male auf der Oberfläche feucht liegender Kartoffeln angetroffen wurde. (Vgl. Taf. VII, Fig. 14ab). Diefe Colonieen fcheinen aus einer äufserft winzigen Micrococcus-Form zufammengefetzt zu werden, doch ward reiner Micrococcus in nafsfaulen Kartoffeln von uns nicht beobachtet.

Hiftorifch foll in Bezug auf die Nafsfäule hier noch hervorgehoben werden, dafs die Bedeutung der Bacterien für den Zerfetzungsprozefs der Kartoffel zuerft von HALLIER*) erkannt worden ift. Derfelbe beobachtete, dafs bei der Fäulnifs von Phytophthora-inficirten Knollen fich immer Bacterien einftellen, und dafs diefe Bacterien, auch wenn fie völlig rein angewandt werden, auf andere Kartoffeln die Nafsfäule übertragen, diefelben binnen 4 Tagen in eine jauchige Maffe verwandelnd.

Wenn jedoch HALLIER einen genetifchen Zufammenhang zwifchen Phytophthora, Hypomyces, Nectria und Bacterien glaubt nachweifen zu können, ja, wenn fogar die Bacterien direct aus einer Umwandlung der Protoplasma-Körner entftehen follen, fo wird diefe Anfchauung keine weitere Discuffion erheifchen.

---

*) Reform der Pilzforfchung 1875. S. 9 bis 11. Vgl. auch HALLIER die Plaftiden der niederen Pflanzen. 1878. S. 52 ff.

Eine künſtliche Heilung der Naſsfäule, ſoweit dieſelbe geſunde und lebenskräftige Kartoffelknollen befallen hat, iſt unmöglich. Nur wenn die Knolle ſelbſt durch Vernarbung der Wunde mittelſt einer ausgeſchiedenen Korkſchicht ſich eine Schutzwehr bereitet, kann der Zerfetzungs-Prozeſs dadurch zum Stillſtand gebracht werden.

Um Naſsfäule der Kartoffeln zu vermeiden, muſs man derſelben vorzubeugen ſuchen. Das Erſinnen ſpecieller prophylactiſcher Methoden iſt aber Aufgabe des Landwirths, nicht des Botanikers. Nur auf einige, aus der Phyſiologie der Krankheit ohne Weiteres ſich ergebende Momente mag in aller Kürze noch hingewieſen werden.

Daſs Feuchtigkeit die Entwickelung der Bacterien begünſtigt, für dieſelben unerläſslich iſt, iſt ſicher. Man wird deswegen die Feuchtigkeit des Ackers, in welchem Kartoffelknollen reifen ſollen, entſprechend zu reguliren haben. Insbeſondere iſt für den Abzug ſtagnirenden Grundwaſſers Sorge zu tragen. Ein Acker, der Ueberſchwemmungen ausgeſetzt iſt, wird ſicher für Kartoffelbau der ungeeignetſte ſein. Denn vielfach iſt in der landwirthſchaftlichen Praxis beobachtet worden, daſs, wenn durch Ueberſchwemmung ein Kartoffelacker 24 Stunden und darüber unter Waſſer geſetzt war, ein plötzliches Abſterben und Verfaulen der Kartoffelpflanzen die Folge war. Dieſes ſogenannte *Erſaufen* der Kartoffeln iſt ſicher eine heftig auftretende, durch Bacterien erzeugte Naſsfäule. SCHACHT, der eine ſolche Erſcheinung zu unterſuchen Gelegenheit hatte, berichtet darüber*), daſs der in der Erde ſteckende Theil des Kartoffelſtengels in voller Maceration begriffen war, das ganze Innere der Knollen war in eine weiche und breiige Maſſe übergegangen und verbreitete einen ſtinkenden Geruch. Die Zellwände waren gröſstentheils verſchwunden, die Stärkekörner lagen frei in der fauligen Jauche-

Anhaltende, heftige Regengüſſe müſſen in gleicher Weiſe die Kartoffelerndte gefährden, wenn nicht für genügenden Abzug des Waſſers geſorgt worden iſt.

---

*) a. a. O. S. 16.

Inwiefern ftagnirende Näffe des Bodens nicht nur die Entwicklung der Bacterien begünftigt, fondern auch die Lebensthätigkeit der Kartoffelpflanze, beziehungsweife Knolle, beeinträchtigt, mufs fpeziell darauf gerichteten Studien zu ermitteln überlaffen bleiben. Dafs Ueberftauung mit *reinem* Waffer, auch wenn fie einige Tage dauert, an fich im Stande fein follte, ein Abfterben der Kartoffel hervorzurufen, erfcheint uns unwahrfcheinlich, um fo mehr, als es gelungen ift, Kartoffeln künftlich in wäffrigen Nährlöfungen zu züchten. Es entfteht dann aber die Frage, wie beim «Erfaufen» der Kartoffeln der Zerfetzungsprocefs fo rapide fich vollziehen könne, da noch dazu die Knollen ja im anatomifchen Zufammenhange mit den Stengeln fich befanden und überall durch eine Korkfchicht gefchützt, hierdurch dem Eindringen der Bacterien mufsten Widerftand entgegenfetzen können.

Allein eine noch am Stengel haftende Knolle ift viel leichter den Angriffen der Bacterien Preis gegeben als eine ausgewachfene, vom Stengel getrennte Kartoffel. Denn fobald diefelbe fich losgelöft hat, verfchliefst fie die Stelle des früheren Zufammenhanges durch eine fefte Korkplatte. Die noch an der Pflanze hängende Knolle fteht dagegen im ununterbrochenen Zufammenhange mit den unterirdifchen Theilen des Stengels und durch diefe auch mit den Wurzeln. In den Wurzeln aber befindet fich die verwundbarfte Stelle der Kartoffelpflanze.

Kaum irgend ein Gewächs ift in gleichem Grade wie die Kartoffelpflanze befähigt, jede ihrem Stengel — und zu letzteren gehören auch die Knollen — zugefügte Verletzung fogleich durch Wundkork zu fchliefsen. Daffelbe ift aber nicht der Fall bei Verwundungen der Wurzeln, wenigftens der jungen und dünnen Faferwurzeln. Da nun aber im Erdboden viele kleine Thiere fich befinden, welche die Wurzeln der Kartoffelpflanze annagen, fo finden fortwährende Verwundungen ftatt, welche fich nicht wieder fchliefsen, fondern meift ein theilweifes Abfterben der betreffenden Faferwurzel zur Folge haben; in der That findet

man häufig ſolche verletzte und gebräunte, d. h. abgeſtorbene Wurzelſpitzen.

Dieſe Verletzungen der Wurzeln müſſen nun den Bacterien den leichteſten Zugang in das Innere des Kartoffelſtengels und ſomit in die Knollen eröffnen. Daſs aber junge, noch nicht ausgereifte Knollen dem Umſichgreifen der Naſsfäule einen nur geringen Widerſtand entgegenſetzen, iſt bereits oben durch Thatſachen gezeigt worden.

Unter ſonſt gleichen Umſtänden muſs auch eine in der Bodenkrume des Ackers enthaltene gröſsere Menge organiſcher Subſtanzen die Entwicklung der Bacterien begünſtigen. Ueberreichliche Düngung mit friſchem Stallmiſt wird bei eintretender Näſſe die Gefahr ſehr bedenklich zu ſteigern vermögen.

Um die im Keller aufbewahrten Kartoffeln vor Naſsfäule zu ſchützen, hat SCHACHT*) bereits mit Recht empfohlen, aus den geerndteten Kartoffeln nach Möglichkeit alle Kranken auszuleſen, die Kartoffeln ſelbſt möglichſt *trocken* an ihren Aufenthaltsort zu bringen und dieſen letzteren ſelbſt ſtets trocken und luftig zu halten.

Endlich haben wir den practiſch wichtigen Punct in's Auge zu faſſen, ob eine von Fäulniſs ergriffene Knolle noch als Ernteproduct irgend welche Verwerthung finden könne, oder ob nichts weiter übrig bleibt, als dieſelbe, wie es gegenwärtig meiſtens geſchieht, auf die Dungſtätte zu werfen.

Als Ausgangspunkt für dieſe Betrachtung eignet ſich das Stadium der hochgradigen *Naſsfäule*. Wir haben geſehen, daſs in dieſem Stadium das ganze innere Gewebe der Kartoffel ſich in einen weiſsgelben Brei verwandelt hat, in welchem die Zellhäute aufgelöſt ſind, während die Stärkekörner noch unverſehrt in der Flüſſigkeit ſchwimmen; ſpäter löſen ſich dann auch die Stärkekörner. Wenn man nun durch mikroſkopiſche Controle das Stadium abzupaſſen weiſs, wo die Zellhäute in Auflöſung begriffen, die Stärkekörner aber noch intact ſind,

*) a. a. O. S. 22.

fo vermag man durch fchnelles Austrocknen den gefammten Stärkegehalt der Knolle, alfo den werthvollften Beftandtheil der Kartoffel, zu retten.

Das Auffchütten faulender Kartoffeln auf luftig ftehende und von der Sonne befchienene Hürden dürfte hierfür genügen; erhöht man die Temperatur der umgebenden Luft, fo wird man die Austrocknung befchleunigen können. Vielleicht würde es fich auch empfehlen, die Stärke-haltige Flüffigkeit durch Auspreffen von den Kartoffelfchalen zu trennen und dann rafch zu trocknen.

Viel weniger bequem wird es fein, aus den *trockenfaulen* Kartoffeln die Stärke zu gewinnen, weil hier noch die Zellwände erhalten find ünd durch die Pilzfäden zu einer zähen, zunderartigen Maffe zufammengehalten werden. Es möchte hier von Nutzen fein, die trockenfaulen Kartoffeln durch Uebergiefsen mit Waffer in nafsfaule zu verwandeln, um die Zellhäute hierdurch in Löfung zu bringen und die Stärke auf diefe Weife leichter zu ifoliren.

Die aus faulenden Kartoffeln gewonnene Stärke hat eine gelblich-weifse Färbung. Man wird diefelbe durch Auswafchen ficher von den fie verunreinigenden Bacterien und den anderen widrigen Subftanzen der putriden Flüffigkeit leidlich reinigen können. Immerhin wird das fo erhaltene Stärke-Product nur für technifche Zwecke Verwendung finden, vielleicht für Production von Stärkezucker zweiter Qualität. Am meiften möchte diefe Stärke fich zur Herftellung des nicht gerade chemifch reinen *Dextrins* empfehlen, welches ja z. B. in der Textilinduftrie eine fo ausgedehnte Anwendung findet.

Wie man aber nun auch praktifch die aus nafsfaulen Kartoffeln gewonnene Stärke verwerthen will, fo viel ift ficher, dafs man im Stande ift, der Nafsfäule ihren Raub zu entreifsen und wenigftens den gröfseren Theil feines Ernteproductes zu retten. Zuverläffige mikrofcopifche Analyfe der faulenden Knollen mufs hierbei als Wegweifer dienen.

ZWEITER ABSCHNITT.

Entwicklungsgeschichte der wichtigeren, an der Zersetzung der Kartoffelknollen betheiligten Fadenpilze.

1. Hypomyces Solani. Syn.: Fusisporium Solani.

(Hierzu Taf. I und II).

Der Pilz, dessen Conidienträger unter dem Namen Fusisporium Solani bekannt sind, ist ein echter Saprophyt. Während alle Versuche fehl schlagen, das Gewebe lebender Kartoffeln durch keimende Sporen oder Uebertragung von Mycelium mit demselben zu inficiren, durchwuchern die aus den Conidien hervorbrechenden feineren Hyphen in kürzester Zeit eine aus irgend einer Ursache abgestorbene Kartoffel, um ihre Substanz nach und nach vollständig aufzuzehren bis auf die aus Kork gebildete Schale. Die Hyphen durchbohren die Wände der Zellen, um erst den Inhalt der letzteren, hernach auch die Wände selbst zu zerstören. In einer abgestorbenen Kartoffel, welche z. B. durch Phytophtora infestans getödtet war, kann, wenn die Kartoffel nicht allzu feucht liegt, das ganze Gewebe durch das Hypomyces-Mycelium in dem Grade absorbirt werden, dass nur die unverletzten Stärkekörner in der Kartoffelschale zurückbleiben. Die Stärkekörner scheinen von dem Mycelium direct gar nicht angegriffen zu werden, wenigstens wurde eine Anbohrung derselben nicht beobachtet, wenn wir Sporen auf Objectträgern in einem Wassertropfen keimen liessen, auf dessen Grunde zahlreiche Stärkekörner lagen. Wenn eine abgestorbene Kartoffel, in welche Hypomyces

eindrang, dabei in der Näſſe liegt, ſo ſtellen ſich wohl immer daneben noch Bacterien ein, welche das Zerſtörungswerk viel raſcher vollenden als das Pilzmycelium allein. Wenn auch hierbei die Stärkekörner nächſt der Kartoffelſchale ſich am reſiſtenteſten erweiſen, ſo gehen doch auch ſie unter den für die Zerſetzung durch Bacterien (vgl. S. 18) characteriſtiſchen Erſcheinungen zu Grunde; die Kartoffel wird in eine jauchige Maſſe verwandelt, in welcher man nur noch einzelne mehr oder weniger corrodirte Stärkekörner, Pilzmycelien und Bacterien zu erkennen vermag.

Dieſer Zuſtand der eigentlichen Naſsfäule iſt aber offenbar der dem Pilze am meiſten zuſagende, ſeine Entwicklung am meiſten begünſtigende. Selbſt in der Jauche, welche ſich bildet, wenn man faulende Kartoffeln Monate lang in vielem Waſſer liegen läſst, wuchert Hypomyces überaus üppig und bildet groſse Raſen bis zu einem Centimeter Durchmeſſer, wie Mucor oder Penicillium auf Fruchtſäften.

Der in Rede ſtehende Pilz reproducirt ſich durch dreierlei Sporen: Microconidien, Macroconidien und Schlauchſporen. Die Darſtellung ſeiner Entwicklung möge anknüpfen an die Keimung der Microconidien, derjenigen Sporenform, welche dem Pilze bislang den Namen Fusisporium eintrug.

Die *Microconidien* beſitzen ſehr verſchiedene Geſtalt und Gröſse. (Taf. I, Fig. 1, 2). Am conſtanteſten erweiſt ſich ihr Breiten-Durchmeſſer, welcher 5 bis 8 Mik. beträgt; ihre Länge dagegen ſchwankt zwiſchen 10—50 Mik. Die kleinſten Formen ſind im reifen (abgefallenen) Zuſtande einzellig, die gröſseren beſtehen aus 2 bis 6 in einer Reihe gelegenen Zellen (Taf. I, Fig. 1, 2 b).

Für gewöhnlich findet man faſt ausſchlieſslich die längeren Formen, die kürzeren, wie ſie in Taf. I, Fig. 1 dargeſtellt ſind, treten nur ſelten in gröſserer Menge auf.

Characteriſtiſch iſt die Geſtalt der Microconidien. Sie ſind faſt drehrund, ſtets erheblich länger als dick, an beiden Enden ein wenig verjüngt oder abgerundet, immer unſymmetriſch und in den meiſten Fällen ſogar ſchwach ſichelförmig gekrümmt. Zuweilen ſind die

Microconidien etwas torulös (Taf. I, 10, 11), wahrſcheinlich durch nicht ganz geeignete Nährlöſung hervorgebracht. In dieſen Fällen ſind ſowohl die Conidien wie das Mycel mit ſtarkkörnigem Plasma dicht erfüllt. Bekleidet ſind die Microconidien von einer dünnen Zellhaut, ihr Inhalt beſteht in der Regel aus ſehr feinkörnigem Plasma, jede Zelle zeigt eine oder einige groſse, deutliche Vacuolen.

Die Microconiden keimen ſehr leicht in reinem Waſſer, in der aus faulen Kartoffeln entnommenen Jauche, ſowie in einem aus friſchen Kartoffeln bereiteten Decoct; dagegen ſcheint Decoct von Pferdemiſt die Keimung zu verhindern. Bei der Keimung ſchwellen zunächſt die Gliederzellen der Spore ein wenig an, die Vacuolen im Innern werden gröſser; darauf vermag eine beliebige Zelle der Spore zu einem Keimſchlauche auszuwachſen, deſſen Durchmeſſer ſtets kleiner iſt als der Durc hmeſſer der Spore (Taf. I, Fig. 3). Die beiden Endzellen einer Spore können hierbei direct in den Keimſchlauch ſich verlängern, d. h. die Spore wächſt fort in der Richtung ihrer Längsaxe. Meiſtens jedoch ſtellen ſich die Keimſchläuche, ſelbſt wenn ſie aus den Endzellen hervorbrechen, als Strahlen zweiter Ordnung gegen die Axe der Spore. (Taf. I. Fig. 4). Die Membran der Keimfäden iſt ein wenig zarter als die der Spore, ihr Inhalt feinkörniges Plasma. In dem Maſse, als ein Keimfaden ſich verlängert, wächſt die Vacuole ſeiner Mutterzelle der betreffenden Spore, zuletzt iſt das geſammte Plasma aus letzterer herausgewandert bis auf dünnen Wandbeleg; man beobachtet dies wenigſtens bei den in Waſſer ſtatthabenden Keimungen.

Die Dicke eines Keimfadens beträgt ca. 3—4 Mik. Nach mehr oder weniger groſser Verlängerung theilt ſich der Faden durch eine Querwand. Die vordere Zelle verlängert ſich weiter und verhält ſich in ihren ferneren Theilungen als Scheitelzelle; in älteren Gliederzellen können aber auch noch hier und da intercalare Wände auftreten, deren Lage von keiner Regel beſtimmt wird.

Am gut ernährten Individuum beginnt dann bald eine lebhafte Verzweigung des Myceliums; die Aeſte entſtehen in der Regel aus

dem vorderften Theil einer Gliederzelle, d. h. dicht unter der dem Scheitel der Hyphe zugekehrten Querwand (Taf. I, Fig. 3). Die Reihenfolge der Aefte braucht keine ftreng akropetale zu fein, da einzelne Gliederzellen mit der Aftbildung fich verfpäten, manche auch gar keine Aefte bilden; früher oder fpäter gliedern fich die Aefte durch eine Querwand, deren Lage nicht ftreng beftimmt ift, vom Hauptfaden ab und verhalten fich in Theilung und Verzweigung, wie diefer letztere. Auch können gelegentlich aus einer Gliederzelle nach einander zwei Aefte hervorwachfen. Die Länge der Gliederzellen wechfelt fehr, der Inhalt zeigt zuletzt grofse Vacuolen.

Die Dicke der Mycelfäden ift fehr verfchieden, befonders dünn können die letzten Verzweigungen und kurzen feitlichen Aeftchen und Anastomofen werden. Die Hauptäfte befitzen dagegen von Anfang an ziemlich gleiche Dicke, das fpätere Dickenwachsthum ift nur fehr gering.

Wird der Pilz in geeigneter Nährlöfung cultivirt*), fo verbreitet das aus einer Spore hervorgegangene Mycelium fich ftrahlenförmig nach allen Seiten, es entfteht ein kreisrunder Rafen, welcher bis zur Gröfse von einem Centimeter im Durchmeffer beobachtet wurde. Die Verzweigung der Fäden des Myceliums findet vorwiegend in der Horizontalebene ftatt, fo dafs die Rafen keine Kugeln, fondern flache Scheiben darftellen; dafs diefe Scheiben dem unbewaffneten Auge gezont erfcheinen, rührt daher, dafs in den älteren Theilen auch häufiger fich Aefte aus der Horizontalebene erheben.

Ueberaus häufig find nachträglich entftandene Quer-Verbindungen zwifchen einzelnen Aeften eines Myceliums oder gar zweier, aus verfchiedenen Sporen ftammender Mycelien (Taf. I, Fig. 2c, 8). Diefe Verbindung kann durch einen befonderen, der Sproffe einer Leiter vergleichbaren Commiffur-Aft hergeftellt werden; oder zwei Fäden legen fich gegen einander, wie bei Zygogonium; oder aber die Fäden

*) Jauche aus faulen Kartoffeln, welche zur Abtödtung der vorhandenen niederen Organismen längere Zeit auf 100° erhitzt wurde.

fchmiegen fich der Länge nach aneinander, an einzelnen Stellen werden die Wände der Fäden reforbirt, die Inhalte treten in Communication. In der Regel find die Commiffuren leiterförmig, fie entftehen entweder in der Weife, dafs von dem einen Faden ein dünnes Aeftchen gegen den andern hin wächft und mit feiner Spitze mit ihm verfchmilzt, worauf der trennende Wandtheil reforbirt wird, oder auch dadurch, dafs von beiden Fäden kleine Seitenäftchen ausgehen, welche dann mit ihren Spitzen verfchmelzen und in Verbindung treten.

Aus den in einer Flüffigkeit fchwimmenden Mycelium-Rafen oder aus dem Mycelium, welches das Innere einer faulen Kartoffel in gröfster Maffenhaftigkeit durchfetzt, fieht man nicht felten grofse, bis 3 *mm* lange, an der Bafis oft 1 *mm* breite, mitunter verzweigte, weifsliche Körper fich in die feuchte Luft des der Cultur dienenden Glasgefäfses erheben. Die microfcopifche Betrachtung lehrt, dafs diefe Körner aus einem Bündel paralleler, mit einander verwachfener Hypomyces-Hyphen beftehen, welche eine entfprechende Habitus-Form darftellen, wie fie von Penicillium glaucum bekannt ift und früher, als eigene Gattung angefehen, mit dem Namen Coremium bezeichnet wurde. Da diefe eigenthümliche Form des Wachsthums fehr zahlreichen Fadenpilzen eignet, fo wird es nicht unzweckmäffig fein, hierfür den Ausdruck «Coremium» nicht als für eine Spielart in fyftematifchem Sinne, fondern als Bezeichnung eines morphologifchen Typus, mag er nun an einer Art normal oder abnorm fich zeigen — darüber entfcheidet ja nur die Häufigkeit des Vorkommens — in Zukunft anzuwenden.

Das Coremium von Hypomyces Solani kommt dadurch zu Stande, dafs die Aefte einer Hyphe nicht ifolirt, fondern an den Hauptfaden angefchmiegt und in inniger Verbindung mit diefem fich fortentwickeln. Solche Coremien können horizontal fortkriechen, in mannichfacher Weife fich verzweigend, wobei die Fäden fteril bleiben: es find das Rhizomorpha-ähnliche Coremien. Oder fie wachfen aufrecht und ihre älteren, nach aufsen gekehrten Zweige werden dann meiftens zu ein-

fachen Conidienträgern. Die Coremien können aus einem einzigen Afte ihren Urfprung nehmen; der häufigere Fall ift aber, dafs verfchiedene, dicht neben einander hin wachfende Hyphen fich miteinander zur Coremium-Bildung vereinigen. Letzteres ift befonders deutlich zu erkennen an der Verzweigung, wo feitlich analoge Gebilde aus einem Haupt-Coremium hervorfprofsen.

Ift das Coremium einmal conftituirt, fo vollziehen fich Aufbau und Fortentwicklung deffelben mit grofser Regelmäfsigkeit (Vgl. Taf. I, Fig. 7). Das lebhaftefte Wachsthum findet ftatt an der Spitze, die wir deshalb Vegetationspunct des Coremiums nennen dürfen. Eine oder wenige Hyphen überragen die übrigen, diefe verlängern fich durch Theilung ihrer Scheitelzellen; die benachbarten kürzeren Hyphen find aus den erfteren als Aefte entftanden. Das Längenwachsthum des Coremiums erfolgt alfo durch Quertheilung der Scheitelzellen (und gelegentlich von Gliederzellen) des Hyphenbündels, das bafipetale Dickenwachsthum des Coremiums durch Zunahme der Verzweigung der Hyphen.

Zwifchen dem Aneinanderfchmiegen zweier, in einer Flüffigkeit wachfender Hyphen und entwickelten, aufrechten, millimeterdicken Coremien finden fich mannichfach abgeftufte Uebergänge. —

Das durch Keimung einer Microconidie entftandene Mycelium kann wieder direct, als erfte Fruchtform, *Microconidien*, erzeugen.

Setzen wir ein in zufagender Nährlöfung (Kartoffeljauche) üppig vegetirendes Individuum als Normalform, fo entwickeln fich hier die Microconidien ftets auf befonderen Hyphenäften, welche als Conidienträger aufrecht aus der Flüffigkeit in die Luft emporragen. Die Conidienträger pflegen in folchem Falle unverzweigt zu fein; fie ftehen aber fehr dicht und bilden einen weifsen Schimmel auf der Oberfläche der Flüffigkeit. Diefe Conidienträger beftehen aus einem borftenförmig geraden, mehrzelligen, an der Bafis dickeren Hyphen-Afte (Taf. I, Fig. 2d).

Die obere Hälfte der Scheitelzelle eines folchen Trägers fchwillt ein wenig auf und nimmt die unfymmetrifche Geftalt einer Microconidie

an; in der Regel theilt die Sporen-Anlage ſich ſelbſt durch eine Querwand in zwei Zellen, bevor ſie durch eine zweite Querwand von ihrem Sterigma, d. h. dem unteren Theil der Scheitelzelle des Trägers, ſich abgliedert; die weiteren Theilungen der Spore erfolgen darnach. Iſt die Spore abgeſchnürt worden, ſo verlängert unmittelbar darauf das Sterigma (die Scheitelzelle des Trägers) ſich wieder zu einer neuen Sporenanlage, welche an der gleichen Stelle abgegliedert wird; ſo kommt es, daſs man bei Objectträger-Culturen oft ein ganzes Häufchen von Sporen wie einen Wirtel mit den unteren Enden noch der Spitze des Sterigma's anliegen findet, bis ſie durch ſpäter gebildete Conidien fortgeſchoben werden. (Taf. I, Fig. 2b, Taf. II, Fig. 14b).

Aehnliche, ſehr dicht ſtehende einfache Conienträger fanden ſich auch auf ſtark naſsfaulen Kartoffeln, wo ſie weiſse Flecke bildeten, die ſich ſtellenweiſe zu einem zuſammenhängenden Ueberzuge erweiterten.

Zu den einfachen Conidienträgern müſſen wir auch die Aeſte rechnen, welche an der Oberfläche der Coremien Microconidien abſchnüren. (Taf. I, Fig. 7c). Auch aus den Rhizomorpha-ähnlichen Coremien können ſolche einfache Träger entſpringen. Ihre Länge iſt ebenſo wie auch an den Coremien ſehr verſchieden. Desgleichen jeder beliebige Aſt des Myceliums kann ohne jede Aenderung ſeiner Form an der Spitze eine Microconidie abgliedern, in der Flüſſigkeit oder wenn das Mycelium, z. B. bei Feuchtkammer-Culturen in die Luft hinein wächſt; ein ſolcher Aſt kann auch nach Erzeugung von ein oder zwei Conidien wieder in rein vegetativer Weiſe ſich fortentwickeln. Hier und da kann der Conidienträger unmitelbar aus der Microconidie hervorwachſen, doch nicht gleich bei der Keimung, ſondern erſt ſpäter, wenn 3—4 Tage nach derſelben ſchon ein ziemlich ausgedehntes Mycel entſtanden iſt.

Wir haben dieſe Conidienträger einfache genannt, weil ſie in der Regel unverzweigt ſind. Es kann jedoch Verzweigung eintreten, indem aus den unteren Zellen eines Trägers längere Seitenäſte hervorwachſen, welche ebenfalls Conidien erzeugen. Da dieſe Verzweigung

jedoch ziemlich fpärlich und unregelmäffig ift, fo befitzen folche Conidienträger gar keinen regelmäfsigen Habitus.

Es finden fich nun aber noch andere Conidienträger, welche fich von Anfang an fehr ftark verzweigen und welche dadurch einen ganz eigenthümlichen Habitus bekommen, fo dafs man fie ohne nähere Unterfuchung wahrfcheinlich zu einer anderen Species rechnen würde. Diefe letzterwähnten Conidienträger zeigen fich insbefondere an faulenden Stengeln und trockenfaulen oder doch nicht ganz nafsgefaulten Knollen der Kartoffel. In letzterem Falle durchbrechen die Conidienträger, gewöhnlich überaus reicht verzweigt, in dichten Rafen an einzelnen Puncten die Korkfchale und bilden hier mehr oder minder grofse, halbkuglige Pufteln, welche fich an der Oberfläche mit einer dichten Lage von Microconidien bedecken. Unterfucht man folche Pufteln im noch jungen Zuftande, fo findet man, dafs die dichten und gedrungnen Conidienträger in grofser Zahl horizontal kriechenden, dicken und anfcheinend fehr kurzzelligen Myceliumfäden entfpringen. (Taf. I, Fig. 5, 6). Die bafalen Zellen der fchon von unten auf ftark verzweigten Conidienträger find hier fehr verkürzt und aufserordentlich dick. Ihr Hauptftrahl endigt in ein Sterigma, welches Conidien abfchnürt, und aus jeder Gliederzelle des Hauptftrahls entwickeln fich ein bis drei Seitenftrahlen, welche auch terminale Conidien erzeugen und fich weiter verzweigen können. Die Verzweigung diefer Conidienträger ift infofern eine höchft eigenthümliche als fie die Merkmale des cymöfen und des racemifchen Aufbaus in fich vereinigt. Cymös müfste man fie nennen, weil ihre Entwicklung centrifugal ift; denn zuerft entfteht die Terminal-Conidie, immer erft nachher bilden fich Seitenäfte. Eine Uebereinftimmung mit dem Racemus gelangt aber dadurch zur Ausprägung, dafs die Hauptaxe unbegrenzt fort wächft, immer neue, fuccedane Terminal-Conidien abgliedert und acropetal immer neue Seitenzweige bildet, welche den Typus der Hauptaxe wiederholen. Wegen der centrifugalen Entwicklung mögen diefe Conidienftände aber doch als racemusähnliche Cymen bezeichnet werden.

Diefe verzweigten Conidienträger bilden in der Regel dichte,

halbkuglige Polfter, welche von einer Krufte zufammenklebender Conidien bedeckt find.

Als zweite Fruchtform von Hypomyces Solani find die *Macroconidien**) zu nennen. Diefelben bilden fich als kuglige Anfchwellungen der Endzellen kürzerer oder längerer Mycelium-Aefte (Taf. I, Fig. 8, 9) entweder in der Nährlöfung oder in der weichen Maffe einer faulenden Kartoffel, oder aber fie ragen in die feuchte Atmofphäre hinein, letzteres häufig bei Culturen im hängenden Tropfen. Gelegentlich ftehen auch zwei und mehr folcher Kugeln perlenfchnurförmig hinter einander (Taf. I, Fig. 10a), ferner können fie aus Gliederzellen des Fadens fich bilden, während die Terminalzelle fortwächft, doch ift dies letztere feltener. Die Macroconidien entftehen in der Regel in gröfserer Anzahl nur an altem Mycelium, befonders an den früher erwähnten Coremien, deren unterer Theil häufig von ihnen vollkommen bedeckt ift, während weiter aufwärts Microconidien gebildet werden. Sehr zahlreich find fie ebenfalls an dem Perithecien tragenden Mycelium; mitunter entwickeln fie fich aber auch terminal oder auf kurzen Seitenäften an den eben aus einer Microconidie hervorgewachfenen Keimfchläuchen (Taf. I, Fig. 10, 11). Das bei Keimung der Macroconidien entftandene Mycelium bildet in der Regel Microconidien, feltener auch Macroconidien (Vgl. Taf. II, Fig. 1, wo der dargeftellte Microconidienträger aus dem der Macroconidie entfproffenen Mycelfaden hervorgewachfen war, aber um Raum zu erfparen, in der Zeichnung abgebrochen wurde). Endlich entftehen Macroconidien häufig an den aus Schlauchfporen hervorgewachfenen Keim-Hyphen (Taf. II, Fig. 13).

*) Die Macroconidien diefes Pilzes tragen ihren Namen infofern mit Unrecht, als ihr Volumen in der Regel geringer ift, als dasjenige der Microconidien; dennoch ift aus diefer Thatfache kein Grund herzuleiten, um die durch TULASNE für die Gattung Hypomyces eingeführte Nomenclatur zu ändern oder gar umzukehren.

Der Durchmeſſer der Macroconidien beträgt 7—15 Mik. Ihr Gehalt birgt aufser feinkörnigem Plasma gröfsere Oeltröpfchen. Die Zellwand iſt beträchtlich derber, als bei den Microconidien und zeigt eine Sonderung in zwei Schalen, eine innere ſehr zarte und eine äufsere dickere (Epiſporium), welche letztere entweder glatt (Taf. I, Fig. 8, 9) oder warzig erſcheint. Erſteres vorwiegend bei den an den Coremien entſtehenden Macroconidien, letzteres bei den an dem Perithecien tragenden Mycel auftretenden, welche zugleich auch meiſt etwas bräunlich gefärbt erſcheinen. (Taf. I, Fig. 9, 13; Taf. II, Fig. 1). Im jugendlichen Zuſtande iſt das Epiſporium aller Macroſporen glatt, erſt ſpäter treten die Warzen auf, bei vielen Individuen bleiben dieſelben jedoch ganz aus. Bei der Keimung ſchwellen die Macroconidien kaum auf, um dann einen oder zwei Keimſchläuche zu entſenden (Taf. I, Fig. 12, 13). Ein Aufſpringen des Epiſporiums konnte nicht deutlich beobachtet werden.

Die dritte Fruchtform, die *Perithecien*, erſcheinen auf alten, ſtark in Zerſetzung begriffenen Kartoffeln in der Regel in Menge (Taf. II, Fig. 2).

Das einzelne Perithecium ſitzt ohne Stroma einem lockeren Flechtwerk von Hyphen auf, ſeine Form iſt birnförmig (Taf. II, Fig. 3), Der Bauchtheil des Peritheciums iſt hell purpurroth, der Hals orangegelb gefärbt. Die membranartig dünne Wand des Bauchtheils beſteht aus mehreren pſeudoparenchymatiſchen Zellſchichten, von denen die äufseren gefärbt, die inneren farblos ſind. Die äufseren Zellen der Wand entwickeln noch dickwandige Hyphenäſte, welche meiſt in netzförmiger Vertheilung der Oberfläche ſich anſchmiegen, oder auch als kurze, einzeln ſtehende Haare hervorragen. Den inneren, farbloſen Parenchymzellen der Peritheciumwand entſpringen die Schläuche (Taf. II, Fig. 6); der zwiſchen den Schläuchen vorhandene Raum iſt von Gallerte angefüllt.

Die Wand des Halfes wird, wie ein Längsfchnitt lehrt, aus einer Anzahl von pfeudoparenchymatifchen Zellfchichten gebildet, deren Zellen an Gröfse von Aufsen nach Innen abnehmen (Taf. II, Fig. 4w). Aus der innerften diefer Schicht wachfen zahlreiche einzellige Fäden fenkrecht gegen den Canal des Halfes, fie entfprechen morphologifch den Ascis. An diefen feineren Fäden zeigten fich die ein wenig angefchwollenen Enden häufig durch eine tiefe Einfchnürung von dem übrigen Stücke des Fadens getrennt (Taf. II, Fig. 4f und Fig. 5), wodurch eine gewiffe Aehnlichkeit mit der Erzeugung von Spermatien entfteht. Wir gelangten jedoch zu keiner ficheren Ueberzeugung von der Spermatienbildung, weil keine völlig losgetrennten Körperchen gefunden werden konnten. Immerhin würde Spermatien-Abfchnürung im Halfe eines Pyrenomyceten nichts gerade abfonderliches fein, da ja von TULASNE Spermatien bildende Sterigmen zwifchen den Schläuchen von Peziza benesuada und am Rande der Scheibe von Cenangium beobachtet worden find.

Die Perithecien erfcheinen fpät, offenbar nur an ganz alten Mycelien; daher erwies fich die Hoffnung auf Beobachtung der erften Anlage in Objectträger-Culturen von vorne herein als ausfichtslos. Die Orte jedoch, wo fich die Perithecien bei den Maffenculturen entwickelten, d. h. die Oberfläche faulender Kartoffeln, erweifen fich fehr ungeeignet für das Auffinden der jüngften Zuftände und erfchwerten durch das maffenhafte Vorhandenfein von Myceliumfäden und Bacterien die fichere Deutung diefer Zuftände in hohem Mafse. Was ermittelt werden konnte, befchränkt fich auf Folgendes. Die erfte Anlage eines Peritheciums dürfte vielleicht in der abgeplattet-fphäroidalen Anfchwellung kurzer Myceliumäfte zu fuchen fein (Fig. 8 auf Taf. II), welche man an Stellen, wo viele Perithecien fich finden, beobachtet. Die jüngfte, ficher erkannte Perithecium-Anlage wurde in Fig. 9 Taf. II gezeichnet. Hier ift ein kleiner rundlicher Körper von mehren kurzen Hyphenäften umwachfen, die wohl zweifellos an feiner Bafis entfprungen find; im Innenkörper *fchienen* einige Theilungen vorhanden zu fein, ihre Lage war jedoch nicht mit Sicherheit zu er-

mitteln. Deutlich dagegen war die Situation in der folgenden Entwicklungsstufe zu erkennen. (Taf. II, Fig. 10). Hier hatte der Innenkörper durch zahlreiche Theilungen sich in ein kleinzelliges Parenchym umgewandelt, und ebenso hatten die ihn umziehenden Hyphenäste zu einer geschlossenen, pseudoparenchymatischen, einschichtigen Hülle sich entwickelt; die ganze Anlage sass einem einzigen Myceliumaste auf, und hatte 20 Mik. im Durchmesser. Noch ältere Stadien zeigen auf Durchschnitten die ein bis zwei Schichten starke Hülle mit dickeren Zellwänden ausgestattet und hier und da nach Aussen Fäden entsendend, während der Kern ein nach Innen immer zartwandiger werdendes Parenchym darstellt (Taf. II, Fig. 11). Alle Zellen sind hier mit einem grobkörnigen Plasma angefüllt. Nur selten lässt sich aber ein ununterbrochener Zusammenhang der Zellwände dieses Gewebes über die ganze Fläche des Schnittes nachweisen, im Centrum scheinen bereits auf dieser Entwicklungsstufe die Wände zu Gallerte aufgequollen und somit verschwunden zu sein. Halberwachsene Fruchtkörper, wo die äussere Lage der Hülle bereits anhebt sich zu färben, die aber noch kugelrund sind, besitzen in der Mitte einen mit körniger Masse erfüllten Hohlraum, das parenchymatische Gewebe erstreckt sich höchstens bis zur Mitte des Radius, von Aussen gerechnet. Auch zu der Zeit, wo die meisten Sporen in den aus der inneren Wandschicht des unteren Peritheciums hervorgesprossten Schläuchen sich bilden, sind an der Seitenwandung noch einige der Parenchymschichten des Kerns vorhanden, die man in älteren Perithecien, welche die Sporen bereits entleert haben, nicht mehr findet.

Die Zahl der in einem Ascus auftretenden Sporen ist eine wechselnde, es wurden 4 bis 8 beobachtet; dieselben liegen nicht alle in einer Reihe, bei der Entstehung sind sie einzellig, später zweizellig; (Taf. II, Fig. 6). Einzelne Individuen bleiben auch zur Zeit der Reife einzellig. Bei der Reife ist ihre Form mehr oder weniger unsymmetrisch, indem die Längsaxe keine gerade Linie bildet (Taf. 2, Fig. 7).

Die Schlauchsporen besitzen ein rauhes, warziges Episporium und zeigen Oeltröpfchen im Innern. Ihr Längsdurchmesser beträgt 13 bis

16, ihr Querdurchmeffer 7—8 Mik. Sie keimen fehr rafch fowohl in Kartoffeln- als auch in Pferdemift-Decoct; aus einer Spore wurden bis zu vier Keimfchläuche hervorwachfen gefehen, deren Austrittsftelle in der Regel feitlich liegt, wobei das Epifporium mit einem kleinen, fchwer fichtbaren Spalte aufreifst (Taf. II, Fig. 12). Bei einer einzelligen Spore lagen die Austrittftellen zweier Keimfchläuche in der Mittellinie, wo fonft die Querwand auftritt, an zwei diametral entgegengefetzten Punkten.

Bei Objectträger-Culturen einzelner Schlauchfporen fehen wir an den aus denfelben hervorwachfenden Hyphen fowohl die oben befchriebenen Micro- wie Macroconidien entftehen (Taf. II, Fig. 13, 14, in letzterer Figur bei a die Schlauchfpore), der ftrengfte Beweis für die Zufammengehörigkeit diefer Perithecien mit den früher Fusisporium Solani genannten Conidienträgern.

Weitere Fruchtformen wurden an Hypomyces Solani nicht beobachtet; ob das Oidium violaceum von HARTING wirklich hierher gehört, ift uns zweifelhaft geblieben.

II. Nectria Solani. Syn.: Spicaria Solani.

(Hierzu Tafel III.)

Unter den Pilzen, welchen die Zerftörung abgeftorbener Kartoffelknollen zufällt, ift neben Hypomyces Solani die Nectria Solani der häufigfte.

Wie fchon DE BARY*) nachgewiefen hat, ift auch Nectria Solani ein ächter Saprophyt, d. h. fie vermag keine lebende Kartoffelknolle zu inficiren, zu tödten, fondern erft die eingetretene Zerfetzung liefert ihr den günftigen Nährboden. Macht man Einfchnitte in Knollen oder unterirdifche Stengeltheile der Kartoffelpflanze, und bringt in diefe Wunden Conidien von Nectria Solani, fo vermögen diefelben wohl in den direct verletzten Zellen zu keimen, allein die daran gränzende

*) Die gegenwärtig herrfchende Kartoffelkrankheit etc. S. 43.

Gewebefchicht wandelt fich durch Zelltheilung, deren Wände der Schnittfläche parallel ftehen, in eine Korkplatte um, welche für die übrigen Theile der Pflanze eine abfolut fichere Schutzmauer darbietet, ebenfo wie die äufsere Korkfchale der Knolle.

Von Nectria Solani wurden zwei Hauptformen der Fructification beobachtet: Conidien und Perithecien mit Schlauchfporen.

Die *Conidien* befitzen eine eiförmige Geftalt, fie find von einer dünnen Membran bekleidet und zeigen in einem feinkörnigen Plasma eine gröfsere Vacuole; ihre Länge beträgt 4 bis 5, ihre Breite ca. 3 Mik. (Taf. III, Fig. 1, 2). Aufser diefer typifchen Form findet man an einzelnen Individuen Conidien, welche fchmaler und beträchtlich länger find als die gewöhnlichen, auch zeigen diefelben in der Regel zwei Vacuolen (Taf. III, Fig. 3). Da aber die kürzeften diefer langen Conidien kaum noch länger find, als die längften der gewöhnlichen Conidien, fo haben wir es wohl nur mit einer Variation zu thun, und dürfte kein Grund vorhanden fein, zwei typifche Sporen-Formen, etwa Macro- und Microconidien, zu unterfcheiden.

Die Conidien keimen fowohl in Pflaumen- wie in Pferdemift- und Kartoffel-Decoct; in den Decoct-Tropfen eines Objectträgers waren frifche Stärkekörner gelegt worden, die aber von dem reichlich umherwuchernden Mycelium nicht angegriffen wurden, ein weiteres Symptom der faprophytifchen Natur des Pilzes. Die Conidien keimen ebenfalls im Waffer, in welches einige Stärkekörner hineingebracht waren. In reinem Waffer keimen dagegen nur fehr wenige Conidien, indem fie ähnliche kurze, dünne Keimfchläuche bilden, wie HOFFMANN für Acrostalagmus in Bot. Zeitg. 1854. Taf. VIII abgebildet hat.

Vor dem Beginn der Keimung fchwellen die Conidien beträchtlich auf, indem befonders der Breitendurchmeffer ungefähr um das doppelte wächft, wodurch die gequollenen Conidie faft Kugelform annimmt und verlängern fich dann auf der einen Seite zu einem Keimfchlauche; (Taf. III, Fig. 4); fpäter können dann auch noch aus einer oder zwei anderen Stellen der Conidie Keimfchläuche hervorbrechen, welche durch Theilung einer Scheitelzelle fich feptiren und

zu einem reichverzweigten Mycelium heranwachfen, an deffen Fäden fpäter auch ausnahmsweife einzelne intercalare Theilungen vorkommen können. (Taf. III, Fig. 5). Das feinkörnige Plasma einer Fadenzelle umfchliefst eine grofse, oder mehre, in einer Reihe gelegene, kleinere Vacuolen. Aus jeder Mycelium-Zelle können mehre Aefte entfpringen, und zwar ziemlich regellos, nur im Allgemeinen acropetal; auch treten verfchiedene Myceliumfäden durch Quercommiffuren hier und da in Verbindung. Das in abgeftorbenen Kartoffelknollen vegetirende Mycelium vermag die Zellwände der Gewebe zu durchbohren.

Die Conidienträger find borftenförmige, meiftens fteif aufrechte Aefte des Myceliums, welche an Dicke das letztere erheblich übertreffen. Sie entftehen als Ausftülpung einer Gliederzelle des Myceliums, welche fich dann durch eine Querwand von ihrer Mutterzelle trennt (Taf. III, Fig. 6); die Entfernung der erften Querwand des Conidienträgers vom horizontalen Mycelien-Faden ift eine fehr verfchiedene. Wir haben fomit eine einzellige Anlage eines Conidienträgers; in der Regel verhält fich diefelbe als Scheitelzelle und erzeugt durch Quertheilung einen aufrechten Zellfaden (Taf. III, Fig. 7). Darauf nimmt die Scheitelzelle des Trägers plötzlich eine von der bisherigen abweichende Form an, indem fie fich nach vorne auffallend zufpitzt, am unteren Theile aber leicht flafchenförmig anfchwillt. Diefes Ausfehen kennzeichnet die bisherige Scheitelzelle als nunmehriges Sterigma, d. h. fie hat die Fähigkeit erlangt, ihre Spitze zu einem kleinen, ovalen Knöpfchen auffchwellen zu laffen und dies Knöpfchen als Conidie abzugliedern, ein Procefs, der fich in rafcher Folge wiederholt, fo dafs binnen kurzer Zeit ein Sterigma zahlreiche Conidien abzufchnüren vermag.

Gleichzeitig damit beginnt dann auch die Verzweigung des Conidienträgers, und zwar wie bei Hypomyces Solani nach racemifch-cymöfem Schema, indem auf beiden Seiten neben dem Terminalfterigma ein bis drei feitliche Sterigmen nacheinander hervorwachfen. (Taf. III, Fig 7). Diefe feitlichen Sterigmen entftehen als Ausftülpungen aus dem oberften Theile derjenigen Gliederzellen des Conidien-

trägers, welche zunächſt unter dem Terminal-Sterigma ſteht; die ſeitlichen Sterigmen gliedern ihre Conidien ganz wie dieſes letztere ab.

Allein damit iſt das Wachsthum der Conidienträger noch nicht abgeſchloſſen. Zunächſt theilt das Terminal-Sterigma, darauf die ſeitlichen Sterigmen ſich durch Querwände in eine Sterigma- (Scheitel-) Zelle und eine Gliederzelle, und aus dem oberſten Stück der unter dem Sterigma ſtehenden Gliederzellen wachſen neue Seiten-Sterigmen hervor, ſo daſs nunmehr ein ſolcher Conidienträger bereits eine gröſsere Anzahl ſporenbildende Sterigmen beſitzt (Taf. III, Fig. 9). Dieſe Zweigbildung ſetzt ſich fort, dabei ſtehen die Aeſte keineswegs immer in einer Ebene, wie es der Ueberſichtlichkeit wegen in Figur 9 dargeſtellt wurde, ſondern es entſteht, da die Spitzen der Sterigmen ziemlich gleich hoch liegen, ein cymöſer Ebenſtrauſs. Die Aeſte des Conidienträgers legen ſich gewöhnlich dicht an einander an, nur die zuerſt auftretenden ſtehen häufig weit ab und entwickeln ſpäter auch ihre beſondere Sporenkugel. Dieſe Aeſte ſtehen auch meiſt einzeln an den Zellen, ſeltener zu zweien oder dreien.

Einzelne Conidienträger können übrigens auch ganz einfach bleiben; entwickeln ſie ſich in einer Nährlöſung, ſo unterſcheiden ſie ſich im Habitus kaum von den ſterilen Aeſten des Myceliums (Taf. III, Fig. 3).

Wie ſchon De Bary beobachtet hat, ſondern die jungen Conidien an ihrer Oberfläche eine klebrige Subſtanz aus, durch welche ſie aneinander haften, (Fig. 7) wenn ein Sterigma ſucceſſive mehre Conidien erzeugt. Dieſe aneinander hängenden Conidien ordnen ſich zu einer kleinen Kugel; ſtehen die Spitzen der Sterigmen eines verzweigten Conidienträgers dicht bei einander, wie es im Allgemeinen die Regel iſt, ſo bildet ſich gewöhnlich zuerſt über jedem Sterigma eine kleine Sporenkugel, ſpäter verſchmelzen dieſe bei der Berührung mit einander, und es entſteht ſo eine gröſsere Sporenkugel über der ganzen Cyma. Man findet die ſchönſten ſolcher Kugeln (Taf. III, Fig. 9), wenn bei Objectträger-Culturen die Conidienträger in den feuchten Raum der Glas-Zelle hineinwachſen. Die Anziehungs-

kräfte, welche die genau fphärifche Begrenzung der Sporenhaufen veranlaffen, find wohl diefelben Molekularkräfte, unter deren Einflufs alle tropfbaren und zähflüffigen Körper die Kugelform annehmen, denn wir müffen uns vorftellen, dafs die Sporenkugeln aus einer etwas zähflüffigen Grundmaffe beftehen, in der die Sporen ziemlich dicht gedrängt liegen. Die Grundmaffe befteht aus dem Waffer, welches fich in dem feuchten Raum an den Sporen niedergefchlagen hat, in diefem hat fich die die Conidien umgebende, gummiartige Subftanz vertheilt. Dafs die Sporen nicht etwa auf der Oberfläche eines von einer zähen Flüffigkeitsfchicht bedeckten Luftbläschens adhäriren, dürfte aus dem Verfuche hervorgehen, dafs, wenn man einen folchen Conidienträger an der Luft austrocknet, eine Sporenkugel nur ganz wenig fchrumpft. Auch die ungeheure Menge von Conidien, in welche eine Sporenkugel, wie die in Fig. 9 gezeichnete, fich auflöft, wenn man fie in einen flachen Waffertropfen bringt, läfst nicht wohl die Vorftellung einer Hohlkugel zu.

Die langen Conidienträger mit langem Stützfaden oder Podium (Fig. 7) entwickeln fich hauptfächlich aus Mycelium, welches in einer Flüffigkeit vegetirt und ragen als fchneeweifser Schimmel in die Luft empor. Auch die Oberfläche faulender Kartoffeln ift, wenn fie etwas feucht liegen, oft dicht mit ihnen befäet. In jenen dichten, warzenförmigen Rafen jedoch, welche die Schale faulender Kartoffeln durchbrechen, find die Stützfäden der Conidienträger meift fehr verkürzt (Taf. III, Fig. 8). Indem ein Träger dicht über dem Myceliumfaden fich abgliedert, kann gleich die erfte oder zweite Zelle zum Sterigma werden. Die Verzweigung eines folchen Conidienträgers beginnt dann fchon dicht über feiner Bafis (Fig. 8 a b) und da diefelben, entfprechend den verzweigten Conidienträgern von Hypomyces Solani, ebenfalls meift in gröfserer Anzahl dicht neben einander aus einem oder mehren kriechenden Zellfäden hervorwachfen, fo entftehen jene dichten, polfterförmigen Rafen, die fich mit einer dicken Krufte von Conidien bedecken.

Aufser diefen Rafen beobachtet man auch Coremium-Bildung,

indem längere verzweigte Myceliumfäden bei paralleler Wachsthumsrichtung mit einander in lockere oder dichtere Verbindung treten. Ob dieſelben urſprünglich einem Individuum angehörten, alſo aus *einer* Conidie hervorgingen, iſt nicht zu ermitteln, aber auch kaum von Belang. Dieſe Coremien ſpitzen ſich nach vorne kegelförmig zu und ihre oberſten Aeſte produciren Conidien; an der Baſis können ſie aus nur wenigen Fäden beſtehen.

Neben den Conidienträgern gelangten auch die *Perithecien**) von Nectria Solani zur Beobachtung.

Dieſe Perithecien ſtehen in gröſserer Zahl beiſammen und entſpringen der Oberfläche eines gemeinſamen, fleiſchigen Stroma (Taf. III, Fig. 10). Solche Perithecien tragende Stromata durchbrechen in gróſser Menge die Schale naſsfauler Kartoffeln, welche vom Mycelium dieſer Nectria durchwuchert werden.

Dle Farbe der Perithecien iſt für gewöhnlich blaſs- ockerfarbig, ſelbſt faſt weiſs; doch wurden auch ganze, lebhaft orangerothe Gruppen beobachtet, welche dennoch der gleichen Pilzſpecies angehörten, wie die aus den gekeimten Schlauchſporen ſich entwickelnden Individuen bei der Bildung der Conidienträger bewieſen.

Das Stroma beſteht im nicht vollkommen entwickelten Zuſtande aus verflochtenen Hyphen, welche im unteren Theil vorwiegend ſenkrecht gegen die Oberfläche der Kartoffel verlaufen, die aber oft von einzelnen oder Bündeln ſchräg verlaufender Fäden durchſetzt werden. Die Hyphen beſitzen die gewöhnliche Dicke des Nectria-Mycels, ſind ſeptirt und laſſen gröſsere Lufträume zwiſchen ſich. Später wachſen die einzelnen Gliederzellen bedeutend in die Dicke, und es entſteht dadurch ein pſeudoparenchymatiſches Gewebe ohne Lufträume, wie es für Sclerotien bekannt iſt. In den erwachſenen Stromata ſind die Zellen mit groſsen, farbloſen Oeltropfen erfüllt. Eine deutlich abgeſetzte Rindenſchicht iſt nicht vorhanden, einige der äuſseren Zelllagen ſind kaum etwas dunkler gefärbt.

---

*) Dieſelben wurden, wie es ſcheint, gleichzeitig mit uns von ZOPF aufgefunden; in der Veröffentlichung der Thatſache gebührt dieſem Beobachter die Priorität.

Die freie Oberfläche der Stromata ist mannigfach ausgebuchtet (Taf. III, Fig. 10). In der Jugend ist sie mehr oder weniger von sterilen unverzweigten Mycelfäden, welche radial ausstrahlen, bedeckt. Die Entstehung des Stroma aus den Hyphen des Myceliums wurde nicht beobachtet, doch unterliegt es wohl kaum einem Zweifel, dass dieser Process ebenso verläuft, wie die Bildung eines Sclerotiums bei anderen Pilzen; morphologisch dürften Sclerotium und Stroma ja auch gleichwerthig sein.

Die Perithecien entwickeln sich als kleine, halbkugelförmige Anschwellungen auf der oberen Seite des Stroma (Fig. 10). In diesem Zustande bestehen sie aus einem gleichmäsig pseudoparenchymatischen Gewebe; dann tritt im Innern, wie es scheint durch Verflüssigung und Auflösung des inneren Gewebes, ein Hohlraum ein, welcher später als Canal die etwas warzenförmig aufgetriebene Spitze des Peritheciums durchsetzt. Die Peritheciumwand besteht aus mehreren Zelllagen. Die Zellen der äusseren Lagen sind grösser als die der inneren, polyedrisch mit dünner Wand und entweder farblos oder schwach orange gefärbt. Sie enthalten wie die Zellen des Stroma meist einen grossen, farblosen Oeltropfen. Die äusseren Zelllagen gehen allmählich in die inneren über, welche bedeutend kleiner und in der Richtung des Radius stark zusammengedrückt sind. Ihr Inhalt ist klar ohne jenen grossen Oeltropfen.

Aus der Basis des Peritheciums wachsen Schläuche in diesen Hohlraum hinein, zunächst von grobkörnigem Plasma erfüllt (Taf. III, Fig. 11).

In den Schläuchen bilden sich 8 Sporen, bald in einer Reihe, bald mehre neben einander liegend, wodurch der Schlauch keulenförmig aufgetrieben wird (Taf. III, Fig. 12 a b). Die Sporen sind farblos, zweizellig, an der Querwand eingeschnürt und fast symmetrisch, ihr Episporium ist in der Regel etwas warzig, mitunter ganz glatt; die Länge der Sporen beträgt 8—14, ihre Breite 4—6 Mik. (Taf. III, Fig. 13).

Bei der Keimung entwickeln sich aus jeder Spore, welche dabei

ftark anfchwillt, 2 bis 4 Keimfchläuche, deren Austrittftellen an den Spitzen oder feitlich liegen können (Fig. 14, 15).

An dem, aus den keimenden Schlauchfporen hervorgewachfenen Mycelium entftehen die oben erwähnten Conidienträger, welche bisher als Spicaria Solani bezeichnet wurden; zuweilen fieht man einen Conidienträger direct aus der Schlauchfpore fich erheben (Taf. III, Fig. 16).

III. Chaetomium bostrychodes und crispatum.

(Hierzu Tafel IV.)

Unter den Pilzen, welche auf faulenden Kartoffeln fich zeigten und deren Mycelium die Zerftörung derfelben herbeiführte, fanden fich fehr häufig auch Chaetomien; eine kleinere Art faft allgemein, wahrfcheinlich Ch. bostrychodes von ZOPF, eine gröfsere Art feltener, letztere ift jedenfalls das Ch. crispatum von FUCKEL. Die Mycelien diefer Pilze durchwuchern das Innere abgeftorbener Kartoffelknollen in gleicher Weife, wie diejenigen von Verticillium cinnabarium, Nectria und Hypomyces Solani, es find feine, farblofe Fäden, welche die Zellwände durchbrechen, daher fie auch im fterilen Zuftande von Nectria und Hypomyces fich nicht unterfcheiden laffen und man die kleinen Conidienträger leicht überfieht. Erft durch die höchft auffallenden, auf der Oberfläche fauler Kartoffeln fich bildenden Perithecien wird man auf das Vorhandenfein des Pilzes aufmerkfam gemacht.

Das Verhalten des Myceliums ift übrigens auch in fo fern ein beachtenswerthes, als kleine Seitenäfte deffelben fich in die noch gefunden Stärkeköıner hineinbohren, um hier gelappte und verzweigte Hauftorien zu bilden, welche das Stärkekorn nach und nach aufzehren. Es wurde dies Verhalten ganz direct beobachtet, indem in Waffertropfen auf Objectträgern, welche eine Anzahl gefunder Stärkekörner enthielten, Schlauchfporen von beiden Chaetomien ausgefäet wurden. Diefelben keimten, und wir fahen Mycelium-Aefte derfelben in die

Stärkekörner eindringen und im Innern derſelben zu Hauſtorien aufſchwellen. Nach kurzer Zeit waren die meiſten Stärkekörner dieſer Culturen von Innen her aufgelöſt, und es blieb ein Knäuel verſchlungener Pilzfäden zurück.

Es war unſere Abſicht, gerade die Entwicklungsgeſchichte von Chaetomium einem eingehenderen Studium zu unterwerfen, es waren auch bereits zahlreiche Thatſachen beobachtet und eine Anzahl von Zeichnungen ausgeführt, als die vorläufige Mittheilung von W. ZOPF*) über dieſe Pilzgattung erſchien. Aus dieſer Mittheilung geht hervor, daſs wir von ZOPF eine umfassendere, entwicklungs-geſchichtliche Arbeit über Chaetomium zu erwarten haben, und ſchien es uns daher überflüſſig, den gleichen Gegenſtand noch weiter zu verfolgen. Wir beſchränken uns daher im Folgenden auf eine Mittheilung der wichtigeren unter den beobachteten Bruchſtücken und auf eine Publication der bereits angefertigten Zeichnungen, weil dieſelben immerhin einen nicht unbeträchtlichen Aufwand an Arbeitskraft repräſentiren.

Die Conidienträger wurden genauer nur von Ch. crispatum unterſucht (Taf. IV, Fig. 8); diejenigen von Ch. bostrychodes verhalten ſich denſelben jedoch ganz ähnlich. Dieſelben beſitzen einen ähnlichen Aufbau wie die von Nectria Solani. Ein kurzer Seitenaſt aus einer Myceliumzelle ſpitzt nach vorne ſich zu, unter leicht flaſchenförmiger Anſchwellung des baſalen Theiles und gliedert durch eine Querwand vom Mutterfaden ſich ab. Dieſe flaſchenförmige Zelle iſt ein Sterigma, welches an ſeiner Spitze Conidien abgliedert (Taf. IV, Fig. 8 a b). Dieſe Conidien hängen durch Ausſonderung einer klebrigen Maſſe entweder in Köpfchen, wie bei Verticillium und Nectria Solani, oder häufiger in Reihen zuſammen. Wurde zuerſt ein Köpfchen gebildet und ordneten die Conidien erſt ſpäter ſich in eine Reihe, ſo kommen Anſichten zu Stande, wie in Fig. 8 b d). Darauf theilt ſich das Sterigma durch eine Querwand in ein neues Sterigma und eine Gliederzelle; aus dem oberen Ende der letzteren wächſt erſt ein (Fig. 8 c)

*) Sitzungsber. des botan. Ver. d. Prov. Brandb. v. 27. Juli 1878.

und dann ein zweites (Fig. 8 d) feitenftändiges Sterigma hervor, fo dafs wir auch hier wieder zum Schema der unbegrenzten Cyma gelangen. Diefe Conidienträger beobachteten wir an Hyphen, die in Objectträger-Culturen aus Schlauchfporen von Ch. crispatum hervorgewachfen waren.

Die Conidien find kleine, ovale Zellen mit farblofem Inhalt, meift mit einem ftark lichtbrechenden Körnchen von ungefähr 2 Mik. Länge und 1 Mik. Breite. Keimung wurde an denfelben nicht beobachtet, was mit den Angaben von ZOPF übereinftimmt. Eine Befchreibung der Conidien und Conidienträger hat ZOPF bisher nicht veröffentlicht.

Die zweite Fruchtform von Chaetomium, die *Perithecien*, find ausgezeichnet durch ihre Bekleidung mit langen, dunkelfarbigen Haaren, fo dafs fie bereits dem unbewaffneten Auge höchft auffallend erfcheinen. Die beiden, auf Kartoffeln beobachteten Arten befitzen zweierlei derartige Haare, gerade und fpiralig gedrehte, welche über dem Scheitel des Peritheciums einen dichten, lockenförmigen Schopf zufammenfetzen.

Die Perithecien von Ch. crispatum find nahezu kugelrund, fie halten ungefähr 0,5 *mm* im Querdurchmeffer. Die Peritheciumwand befteht aus einem zarten, dunkelbraunen Pfeudoparenchym, welches im trockenen Zuftande überaus zerbrechlich ift. Von der Oberfläche des Peritheciums entfpringen nach allen Richtungen braune, gerade oder gefchlängelte, gegliederte Haare von beträchtlicher Länge.

Zwifchen diefen geraden Haaren ftehen dann die fpiraligen in ähnlicher Anordnung, wie fie für Ch. bostrychodes in Fig. 9 der Tafel zur Darftellung gebracht worden find. Die Art der Windung ift jedoch für Ch. crispatum (Taf. IV, Fig. 1) eine andere, als für Ch. bostrychodes (Taf. IV, Fig, 10), indem bei erfterer Art fich abwechfelnd eine weite und eine fehr enge Schleife bildet. Die Dicke der gewundenen Fäden von Ch. crispatum, die an der Oberfläche mit kleinen fpitzen Warzen bedeckt find, beträgt ungefähr 10 Mik.

Aus der Bafis des Peritheciums ragt in den inneren Hohlraum deffelben hinein eine Gruppe von langgeftielten Schläuchen, deren

jeder im entwickelten Zuftande 8 in einer Reihe gelegene Sporen einfchliefst. Die Länge der ganzen Schläuche beträgt im Durchfchnitt 110 Mik., die des Sporen enthaltendes Theiles 70 bis 80 Mik.; die Wand der Schläuche ift äufserft zart und zerfällt bei der Reife der Perithecien, welche dann von einem lockeren Sporenpulver angefüllt find. Die Schlauchfporen find oval, einzellig, beiderfeits leicht zugefpitzt, 10 bis 12 Mik. lang, 7 bis 9 Mik. breit. Das Epifporium ift glatt, von hellbrauner Farbe.

In einem Waffertropfen gelangten die Sporen nicht zur Keimung, dagegen leicht auf benetzten Kartoffelfchnitten, die Keimpflanzen gediehen auch gut in verdünntem Pferdemift-Decoct. Bei der Keimung tritt das Endofporium an einer der Spitzen der Spore hervor und bildet hier in der Regel ein kugliges Bläschen von dem Durchmeffer der Schlauchfpore (Taf. IV, Fig. 4), aus welchem dann zahlreiche, ftark verzweigte und feptirte Myceliumfäden entftehen (Taf. IV, Fig. 5 und 6); mitunter können die Fäden auch direct aus der Spore hervorwachfen. Die Dicke der ftärkeren Fäden beträgt 3 bis 4 Mik., diefelben können, wie fchon hervorgehoben, in das Innere gefunder Stärkekörner eindringen und diefe letzteren nach allen Richtungen durchbohren.

Am Mycelium entwickeln fich Conidienträger oder Perithecien.

Ch. bostrychodes ift in allen Stücken kleiner.

Die Perithecien find kugelig oder leicht ellipfoidifch, ihre ganze Oberfläche ift bedeckt mit geraden, gegliederten Haaren, die zur Zeit der Fruchtreife meift abgebrochen find, und den Scheitel krönt ein dichter Schopf fehr zierlicher, unregelmäffig korkzieherförmig gewundener Haare (Taf. IV, Fig. 9). Ein einzelnes diefer gegliederten, rauhen Haare (Fig. 10) mifst 5 bis 6 Mik. in die Dicke. Der Durchmeffer der ganzen Perithecien beträgt 180 bis 250 Mik.

Die Länge der Schläuche mifst ungefähr 70 Mik., die des Sporen enthaltenden Stückes 40 bis 50 Mik. Die Sporen find in einer Reihe angeordnet (Fig. 11), fie find oval, beiderfeits zugefpitzt, 6 bis 8 Mik. lang, 4 bis 5 Mik. breit, anfangs farblos, fpäter braun (Fig. 12). Bei

der Keimung tritt das Endofporium auch hier aus der einen zugefpitzten Seite der Spore in Geftalt eines Bläschens hervor, um dann nach zwei oder mehr Richtungen fich zu Keimfchläuchen zu ftrecken. An den Fäden des Myceliums, die aus verfchiedenen Sporen einer Ausfaat hervorgegangen waren, kommen die mannichfachften Anaftomofen und Verfchmelzungen vor (Fig 15). In der angewandten Nährlöfung (vesdünnter Pferdemiftdecoct mit eingeftreuten Stärkekörnern) bildeten fich häufig am Mycelium eigenthümlich geftaltete Aefte aus mit etwas angefchwollenen Zellen und ftärker lichtbrechendem, aber mehrere Vacuolen einfchliefsenden Plasma (Fig. 16 a b). Diefe Aefte, wie auch ganze, ältere Myceliumfäden, die durch intercalare Theilung fehr kurzzellig wurden und das gleiche Ausfehen des Zelleninhalts zeigen, zerfallen häufig in ihre einzelnen Gliederzellen; befonders in concentrirterer Nährlöfung ift dies der Fall (Fig. 17). In verdünnter Löfung ift auch das Wachsthum ein rafcheres. Die Stärkekörner werden in der gleichen Weife angegriffen, wie durch Chaet crispatum.

In den Objectträger-Culturen wurde keine Bildung von Conidienträgern beobachtet; wohl aber entftanden am Mycelium Perithecien. Die erften Anlagen derfelben waren fehr klein und überaus durchfichtig, es war nur mit Mühe zu erkennen, dafs diefe jüngften Anlagen beftanden aus einer Gruppe fehr kleiner kurzer Aefte an einem dickeren Myceliumfaden, die gleich von vorne herein auf das engfte mit einander verwachfen waren. In einzelnen diefer Anlagen wurde deutlich ein etwas dickerer, etwa zwei Schraubenwindungen zeigender Aft gefehen, um welchen die übrigen fich zu einer Hülle verflochten. Nach ZOPF ift jedoch ein folcher Schraubenaft keineswegs conftant für Chaetomium. In dem kleinen, kugeligen Knäuel, welches das Perithecium nun darftellt, find die peripheren Fäden zu einer pfeudoparenchymatifchen Wand verbunden, welche demnächft anfängt, fich leicht zu bräunen, und aus einzelnen Flächenzellen lange, gerade, gegliederte, bräunliche, an der Spitze farblofe Haare entfendet (Fig. 18). Darauf vergröfsert fich die Anlage und fchliefslich bricht, wenn das Perithecium 60 bis 70 Mik. im Durchmeffer hält, aus dem Scheitel

deffelben ein dichter Büfchel von braunen Haaren hervor, die anfangs gerade find und erft fpäter fich korkzieherförmig krümmen (Fig. 9).

Für die beiden befprochenen Arten von Chaetomium mag noch erwähnt fein, dafs, wenn die Sporen auf der Schnittfläche einer gefunden Kartoffel ausgefät und gekeimt waren, die Kartoffel durch Bildung einer Korkplatte fich in gleicher Weife dagegen zu fchützen vermag, wie gegen Nectria und Hypomyces Solani; auf folchen Schnitten gefunder Kartoffeln vegetirt das Mycelium von Chaetomium immer nur oberflächlich.

IV. Stysanus Stemonitis und St. capitatus.

(Hierzu Tafel V und VI.)

An alten, in Verwitterung begriffenen Schnittflächen von Kartoffelknollen, fowie an der Oberfläche faulender Stengel und Knollen fanden fich im Laufe des letzten Jahres häufig zwei Arten der Gattung Stysanus, von welchen die eine, weil keine der in der einfchlägigen Literatur vorhandenen Abbildungen und Diagnofen darauf paffen wollte, den Namen St. capitatus führen mag. Von St. Stemonitis wenigftens ift es nun bekannt, dafs derfelbe keineswegs an abgeftorbene Refte der Kartoffelpflanze als Subftrat gebunden ift, fondern fehr verbreitet auf altem Holze, Mift und allen möglichen Subftanzen fich findet, ja es ift kaum wahrfcheinlich, dafs diefen Pilzen ein hervorragender Antheil an der Zerfetzung abgeftorbener Kartoffeln zufällt, fondern ihr Vorkommen dafelbft ift wie das fo vieler anderer Pilze (vgl. S. 11) nur ein gelegentliches, indem diefe Saprophyten auch der Kartoffel die nöthigen Nährftoffe zu entziehen vermögen.

Der Grund, weshalb in diefer Abhandlung die Stysanus-Arten in den Bereich genauerer Betrachtung gezogen wurden, beruht deswegen auch nur auf dem hervorragenden morphologifchen Interesse, welches an diefe Pilze fich knüpft.

Von dem Stysanus Stemonitis bemerkt man mit unbewaffnetem Auge feine hell-grünlich- oder fchwärzlich-grauen Fruchtkörper, ein bis wenige Millimeter hoch. Diefe Fruchtkörper zerfallen in den Stiel und das etwas keulenförmig fich erweiternde, nach vorn jedoch wieder zugefpitzte Hymenium (Taf. V, Fig. 1), An feiner Bafis löft der Stiel fich auf in zahlreiche, gegliederte, Wurzelhaar-ähnliche Hyphen, die am Subftrate haften; die eigentlich Maffe des Stieles befteht aus gegliederten, parallel laufenden oder gelegentlich fich fchlängelnden, hier und da verzweigten Hyphen von 3 bis 4 Mik. Dicke, welche der Länge nach mit einander zu einem feften Bündel verwachfen find. (Fig. 2, welche einen zwerghaft kleinen und daher fehr einfach gebauten Fruchtkörper darftellt).

Wo das Hymenium beginnt, zweigen Aefte diefer Hyphen nach allen Seiten fich büfchelförmig ab, um von ihren Endgliedern reihenförmig zufammenhängende, ovale Sporen abzufchnüren, welche als *Microconidien* bezeichnet werden mögen (Fig. 3); diefelben meffen in die Länge etwa 7, in die Breite 4 Mik., fie find farblos oder fchwach gebräunt und von einer ziemlich zarten Zellhaut bekleidet.

Die Keimung der Microconidien und die Entwicklung des Myceliums ift leicht fowohl in Pferdemift- wie in Pflaumendecoct zu beobachten; in der Regel entfteht zuerft nur ein Keimfchlauch, fpäter auch mehre aus einer Conidie (Fig. 4), welche fich feptiren und lebhaft in feitlicher Verzweigung veräfteln (Fig. 5).

Verwendet man Pflaumen-Decoct als Nährlöfung, fo fchwellen zahlreiche Gliederzellen eines gröfseren, aber aus einer Conidie hervorgewachfenen Myceliums kugelförmig auf und werden zu Blafen, deren Inhalt fpäter eine bräunliche Färbung annimmt (Fig. 6). Manche Fäden theilen fich dann in fehr kurze, torulaförmig fich rundende Gliederzellen, in welche fie fchliefslich zerfallen können (Fig. 6a). Viele Fäden treten auch durch Querkommiffuren mit einander in Verbindung.

Am Mycelium entftehen nun, befonders fchön in Pferdemift-Decoct, aus einzelnen Hyphen als Seitenäfte kleine, einfache Conidien-

träger, welche ebenfalls Microconidien erzeugen (Taf. V, Fig. 7). Ein solcher Conidienträger ist im Anfang eine einfache, seitliche Ausstülpung eines Myceliumfadens, die als Sterigma an ihrem Scheitel successive eine Reihe von Conidien abzugliedern vermag (Fig. 7a), welche durch eine klebrige Substanz an einander haften bleiben. Später kann dann dies Sterigma durch eine Querwand sich theilen in eine Basalzelle und ein neues Sterigma; aus dem obersten Stück der Basalzelle können seitliche Sterigmen hervorwachsen, und diese Verzweigung vermag sich zu wiederholen, so dass ein unbegrenzt-cymöser Conidienstand entsteht, wie er für Hypomyces und Nectria Solani beschrieben worden ist. Die an diesen einfachen Trägern entstandenen Conidien keimen in gleicher Weise wie die den zusammengesetzten Fruchtkörpern entstammenden.

Es ergiebt sich hieraus eine vollständige Analogie zu dem Microconidien erzeugenden Apparate z. B. von Hypomyces Solani; auch dort entwickelten sich die Microconidien an einzelnen, verzweigten Hyphenästen, wie an gröfseren, durch Verwachsung isolirter Hyphen gebildeten Körpern, die wir als *Coremien* bezeichnet haben. Demgemäfs mögen die Fruchtkörper von Stysanus ebenfalls *Coremien* genannt werden.

Die Entstehung und Entwicklung dieser Coremien läfst sich in Objectträger-Culturen auf das bequemste verfolgen. Die erste Anlage giebt sich zu erkennen als eine meist etwas dickere Ausstülpung aus einer beliebigen Gliederzelle des Myceliums. Diese Ausstülpung theilt sich quer und wächst durch Theilung der Scheitelzelle zu einer kurzen Zellenreihe vo ndrei bis fünf Zellen heran. An einer solchen, aus einer kurzen Zellreihe gebildeten Anlage wachsen dann aus den obersten Theilen der Gliederzellen Seitenäste hervor, welche, dem Hauptfaden dicht sich anschmiegend, mit diesem verwachsen (Taf. V, Fig. 10). Später wachsen aus der Basis dieser aufstrebenden Seitenäste andere nach abwärts (Fig. 11 w), um an der Basis des Fruchtkörpers als Rhizoiden sich auszubreiten. Diese Rhizoiden können auch direct

dem unterften Theile einer Gliederzelle des Hauptfadens entfpringen (Fig. 12w).

So kommt durch vielfache Zweigbildung ein junges Coremium zu Stande (Fig. 12), welches durch Spitzenwachsthum mit einem ähnlich geftalteten Vegetationspuncte fich verlängert, wie das Taf. I, Fig. 7 gezeichnete Coremium von Hypomyces Solani; feine Verbreiterung erfolgt durch immer erneute Anlegung feitlicher Aefte.

Während aber bei Nectria und Hypomyces Solani die beobachteten Coremien ficherlich gröfstentheils durch Verbindung zahlreicher, urfprünglich getrennter und nur zufällig parallel wachfender Hyphen fich bilden, fo entfteht das Coremium von Stysanus Stemonitis aus einer einzigen Hyphe durch Zweige, welche diefer Centralhyphe von vorne herein auf das engfte fich anfchmiegen, mithin aus einer Mutterzelle.

Später werden diefe Coremien fchon für die Loupe wahrnehmbar als fpitz zulaufende Körperchen (Fig. 1 a). Wenn die Fructificirung beginnt, fo zweigen zur Bildung des Hymeniums feitliche Aefte vom Coremium fich ab, um die Conidien zu erzeugen. Diefe einzelnen, Conidien tragenden Aefte des Coremiums verhalten fich ganz wie die oben befchriebenen einfachen, am Mycelium auftretenden Microconidien-Träger. Es kann auch vorkommen, dafs ein Aft fich fchon früher abzweigt und dann als ein folcher einfacher Träger feitlich am Coremium hervorragt. An den ein langgeftrecktes Hymenium tragenden Fruchtkörpern entwickeln fich die Conidien erzeugenden Aefte in acropetaler Folge.

Aufser den Microconidien werden bei Stysanus Stemonitis auch *Macroconidien* beobachtet; diefelben treten am häufigften auf in Pflaumen-Decoct. Diefe Macroconidien entftehen ftets auf gewöhnlichen Trägern, die aber auch feitlich aus einem Coremium hervorfproffen können. Diefe Macroconidien-Träger find daher häufig als ein auf Stysanus Stemonitis vorkommender Parafit unter dem Namen Echinobotryum atrum befchrieben worden. Ein folcher Träger ent fteht als feitliche Ausftülpung aus der Gliederzelle eines Mycelium

Fadens, welche an der Spitze anſchwillt und dieſe Anſchwellung durch eine Querwand abgliedert (Fig. 8a). Indem die Anſchwellung zur Spore heranwächſt, nimmt ſie eine zugeſpitzte Geſtalt an, ſie miſst bei der Reife 9 bis 11 Mik. in die Länge, etwa 7 Mik. in die Breite und iſt von einem derben, warzigen, ſchlieſslich dunkel gefärbten Epiſporium bekleidet (Fig. 9). Nachdem die auf dem kurzen Träger terminal ſtehende Macroconidien ausgewachſen, entſpringen aus dem oberſten Ende der Trägerzelle eine oder zwei ſeitenſtändige Macroconidien (Fig. 8b). Dann kann auch die Gliederzelle durch eine Querwand in zwei Zellen zerfallen, und aus dem oberſten Ende der unteren Gliederzelle ein Seitenaſt hervorwachſen, der wieder an der Spitze Sporen erzeugt. Dieſe Bildung kann ſich am Hauptſtrahl wie an den Seitenſtrahlen wiederholen, ſo daſs kleine, gedrängte Macroconidienſtände zu Stande kommen, welche den gleichen Aufbau wie die Microconidienſtände und die verzweigten Conidienträger anderer, in dieſer Abhandlung beſchriebenen Pilze beſitzen (Fig- 8c). Unmittelbar nach dem Reifen keimten die Macroconidien nicht, ſondern erſt nach einer zweimonatlichen Austrocknung, in Miſtdecoct. Die Keimſchläuche treten dabei an einer oder mehreren Stellen aus der Spore hervor und verzweigen ſich ſehr reichlich.

Andere Fruchtformen, namentlich Ascusfrüchte, ſind an Stysanus Stemonitis trotz lange fortgeſetzter Culturen nicht gefunden worden.

St. capitatus unterſcheidet ſich von St. Stemonitis ſchon leicht durch den Habitus. Auf einem aufrechten, aus parallelen, verwachſenen Hyphen gebildeten Stiele, welcher mit Rhizoid-artigen Hyphen am Subſtrate haftet, ſteht terminal ein breites Köpfchen verzweigter, die Microconidien in Reihen abſchünürender Aeſte, in welche der pſeudoparenchymatiſche Stiel ſich auflöſt (Taf. VI, Fig. 1). Mitunter ſind Köpfchen und Stiel ziemlich tief hinein geſpalten in zwei (Fig. 2) oder mehrere Theile.

Die Microconidien ſind oval, 6 bis 7 Mik. lang, 3 bis 4 Mik. breit (Fig. 3). Ihre Keimung erfolgt wie bei S. Stemonitis, die Austrittſtelle des ſehr bald ſeptirten Keimſchlauches iſt unbeſtimmt (Fig. 5).

Zwifchen verfchiedenen Myceliumfäden kommen fehr häufig Quercommiffuren vor, ebenfo auch Verbindungen zwifchen mehreren, nahe bei einander gelegenen, keimenden Conidien. Während für gewöhnlich im Anfange nur *ein* breiter Keimfchlauch aus je einer Conidie hervorwächft, fo haben fich hier zwifchen drei Sporen aufser den normalen Keimfchläuchen noch dünne Seitenfchläuche gebildet, durch welche der Inhalt diefer Sporen in Communication tritt (Taf. VI, Fig. 4).

Hat das Mycelium diefes Pilzes in feiner Nährlöfung (Decoct von Pferdemift) fich weiter ausgebreitet, fo bilden die Hauptfäden deffelben als feitliche, adventive Aefte viel feinere, verzweigte, häufig anaftomofirende Fäden aus, welche auf feften Subftraten wohl fpeciell die Function von Hauftorien verfehen (Fig. 6). An anderen Mycelfäden fchwellen einzelne kurze Zellen, bald terminal, bald intercalar auf, und füllen fich mit dichterem Plasma und Oeltröpfchen; fie nehmen dabei häufig eine bräunliche Färbung an. Obgleich diefe Bildungen an Sporen erinnern, fo konnte doch eine Loslöfung derfelben vom Mycelium oder eine Keimung nicht wahrgenommen werden (Fig. 7).

Kurze, aufrechte Seitenäfte bilden fich darauf zu einfachen Conidienträgern aus; ein folcher Seitenaft theilt fich durch eine Querwand in zwei Zellen, von denen die untere Bafidie genannt werden könnte, die obere als Sterigma fungirt und an der Spitze Conidien abfchnürt (Taf. VI, Fig. 8a). Aus der Bafidien-Zelle, welche fich entweder durch eine Querwand von der Mutterzelle des Mycelfadens abgliedern oder auch mit diefer in ununterbrochenem Zufammenhange bleiben kann, wächft dann oben ein Seitenaft hervor (Fig. 8b), welcher das terminale Sterigma zur Seite drängt und felbft zum Sterigma wird, fo dafs auf der Bafidie nunmehr zwei anfcheinend gleichwerthige, eine dichotomifche Verzweigung nachahmende Sterigmen neben einander fitzen (Fig. 9a). Jedes diefer Sterigmen vermag fucceffive mehre Conidien abzugliedern, welche oft reihenweife an einander hängen bleiben. Die Sterigmenzelle kann auch hier wieder in eine neue Bafidie und ein neues Sterigma zerfallen, wobei die Verzweigung fich wiederholt (Fig. 9b).

Aufser den einfachen Conidienträgern erfcheinen dann am Mycelium auch die erften Anlagen von Fruchtkörpern, von Coremien. Auch diefe Anlagen zeigen fich zuerft als kleine, aufrechte Ausftülpungen von Mycelium-Zellen; fie find leicht von jungen Conidienträgern zu unterfcheiden, weil fie beträchtlich dicker find, namentlich auch um ein Mehrfaches dicker, als die Myceliumzelle, welcher fie entfpringen (Fig. 10a). Diefe aufrechten Ausftülpungen verhalten fich als Scheitelzellen und theilen fich durch eine Querwand in eine bafale Gliederzelle und eine neue Scheitelzelle. Schon auf diefer Entwicklungsftufe wachfen aus dem unterften Theile der Scheitelzelle dünne, rhizoidartige Hyphen hervor (Taf. VI, Fig. 10b). Jndem nun die Scheitelzelle durch weitere Quertheilungen immer neue Gliederzellen erzeugt, baut diefelbe einen dicken, unten kurz-, oben länger gegliederten Zellenfaden auf, den wir den *Centralfaden* des Coremiums nennen wollen. Aus dem unterften Theile der *unteren* und kürzeren Zellen diefes Centralfadens brechen nun überall dünne Rhizoid-Hyphen hervor, welche nach *abwärts* wachfen, fich feptiren, der Oberfläche des Centralfadens fich dicht anfchmiegen, mit diefer und unter fich verwachfen, an der Bafis des Centralfadens aber wurzelhaarähnlich fich ausbreiten. Indem der dicke Centralfaden nun durch die Thätigkeit feiner Scheitelzelle fortwächft, bilden die fpäteren Gliederzellen dünne oder ebenfalls beträchtlich verdickte Seitenäfte aus ihrem *oberften* Theile, welche fich *aufwärts* wenden, um dem Centralfaden angefchmiegt mit diefem fortzuwachfen (Taf. VI, Fig. 11). So wird der Centralfaden bald von Hyphen eingehüllt, die in innigem Verbande mit ihm und unter einander fortwachfend, nunmehr den Bildungspunct eines typifchen Coremiums, wie bei Stysanus Stemonitis, darftellen. Auch bei St. capitatus bilden fich abwärts wachfende Hyphen aus der Bafis aufftrebender Seiten-Hyphen (Fig. 11x).

Nachdem auf diefe Weife der Stiel des Coremiums fich gebildet, entwickelt fich das terminale Hymenium durch lebhafte Verzweigung fämmtlicher aufftrebender Hyphen, wobei die Centralhyphe, allmählig dünner geworden, fich nicht mehr gefondert unterfcheiden läfst. Die

Verzweigung der Fäden und die Conidienbildung erfolgt in den Köpfchen der Coremien nach demfelben Modus, wie er für die einfachen Conidienträger befchrieben wurde; die Bafidien bilden in den Köpfchen ein feftes, faft halbkugeliges Stroma.

Andere Fruchtformen find nicht beobachtet.

V. Pistillaria pusilla nebft einigen allgemeinen Bemerkungen über die Bafidiomyceten.

(Tafel VI, Fig. 12 bis 14.)

Auf abgeftorbenen und verwefenden Stengeln von Kartoffeln ward eine kleine weifsliche Pistillaria beobachtet, deren Diagnofe am beften zu der P. pusilla von FRIES ftimmt, und welche daher vorläufig mit diefem Namen bezeichnet werden mag.

Die kleinen, oberwärts pfriemlich fich zufpitzenden Fruchtkörper find ungefähr 2 *mm* hoch und haften mit einem Flechtwerk rhizoidifcher Hyphen auf ihrem Subftrate (Taf. VI, Fig. 12). An älteren Individuen ift die ganze Oberfläche des Fruchtkörpers, von der Bafis bis dicht unter die Spitze, mit dem Sporen tragenden Hymenium bekleidet; feltener findet fich das unterfte Stück nackt, und als Stiel von dem oberen Theile gefondert. Bei jüngeren Individuen ift an der Bafis des Fruchtkörpers das Hymenium ebenfalls bereits angelegt, während fich derfelbe noch durch lebhaftes Spitzenwachsthum verlängert. Solche wachfende Spitzen von Fruchtkörpern diefer Pistillaria zeigen fich zufammengefetzt aus einem Bündel feiner, oft etwas gefchlängelter Hyphen, deren Anzahl nach dem Scheitel hin fich verringert (Taf. VI, Fig. 13). Oft ragt eine einzelne Hyphe, und zwar mitunter in beträchtlicher Länge, über die übrigen hervor, oft wird aber die eigentliche Spitze diefes Vegetationspunctes von einer ganzen Anzahl gleich langer Hyphen eingenommen. Das Längenwachsthum in folcher Fruchtkörper-Spitze kommt durch Quertheilung der Hyphenzellen, das Dickenwachsthum durch deren Ver-

zweigung zu Stande, wobei die Seitenäfte dem urfprünglichen Hyphenbündel parallel und in inniger Verbindung mit demfelben fortwachfen.

Eine Strecke weit unterhalb der wachfenden Spitze beginnt die Bildung des Hymeniums. Hier fieht man die Endglieder zahlreicher Seitenäfte der oberflächlich gelegenen Hyphen in leichter Keimung fich nach und nach vertical gegen die Oberfläche des Fruchtkörpers richten und keulenförmig anfchwellen; es find dies die Bafidien, deren Entwicklung am Fruchtkörper acropetal erfolgt (Fig. 13). Die einzelne Bafidie trägt fpäter zwei Sporen auf dünnen Sterigmen (Fig. 14).

Die Uebereinftimmung im Baue und im Wachsthum diefes Fruchtkörpers von Pistillaria mit demjenigen von Stysanus ift eine fo evidente, dafs wir den Modus des Wachsthums in beiden Gattungen beinahe identifch nennen dürfen. (Vgl. Taf. VI, Fig. 13 und Taf. V, Fig. 1 a und 12). Der Vegetationspunct von Pistillaria pusilla zeigt aber auch genau das gleiche Ausfehen, wie der Bildungspunct des Conidien-tragenden Coremiums von Hypomyces Solani (Taf. I, Fig, 7). Wir werden daher in Rückficht auf diefe Uebereinftimmung im morphologifchen Verhalten auch den Fruchtkörper von Pistillaria ein Coremium nennen dürfen.

Es würde von Intereffe fein, den erften Aufbau eines Pistillaria-Coremiums entwicklungsgefchichtlich verfolgen zu können; dies gelang aber nicht, weil es nicht möglich war, die an dem überhaupt nicht reichlich beobachteten Materiale vorhandenen Sporen zur Keimung zu bringen. Dennoch find für die erfte Anlage der Pistillaria-Fruchtkörper wohl nur folgende Möglichkeiten vorhanden. Entweder das Coremium entfteht durch Vereinigung verfchiedener, urfprünglich getrennter Myceliumfäden, wie bei vielen ächten Schimmelpilzen, Penicillium, Hypomyces, Nectria; diefe Möglichkeit darf wohl als unwahrfcheinlich von vorne herein ausgefchloffen werden. Oder die Pistillaria entwickelt fich aus dem Gliede eines Mycelium-Fadens als aus einer Mutterzelle. In diefem letzteren Falle entfteht der Fruchtkörper entweder wie andere ächte Bafidiomyceten, z. B. Coprinus, aus einem kleinen *Büfchel* von Mycelium-Aeften, oder wie bei Stysanus durch

Verzweigung eines einzigen Mycelium-Aftes nach aufwärts und abwärts. Für die letzten beiden Möglichkeiten wollen wir a priori die gleiche Wahrfcheinlichkeit zugeftehen, und mag nun der eine oder der andere Modus wirklich beftehen, fo ift das ohne jeden Einflufs auf die nachfolgende Betrachtung.

Auf alle Fälle befteht ein hoher Grad von Uebereinftimmung in der Structur und in der Fortentwicklung des Coremiums zwifchen Pistillaria und Stysanus. Das einzige wefentliche, trennende Moment ift die Bildungsweife der Sporen. Bei Stysanus werden von den Sterigmen fuccedan mehrere Sporen abgegliedert; bei Pistillaria immer nur eine. Bei Stysanus find die als Bafidie und Sterigma bezeichneten Zellen fortentwicklungsfähig. Eine Bafidie vermag zu einer gewöhnlichen Gliederzelle zu werden, ein Sterigma durch Quertheilung in der Mitte in eine Bafidie und ein neues Sterigma zu zerfallen. Bei Pistillaria dagegen ift das Sterigma wie die Bafidie wachsthums- und theilungsunfähig, die Sterigmen find fogar nur Fortfätze der Bafidienzelle. In diefer wefentlichen Differenz ift zugleich der ganze Unterfchied zwifchen der Ordnung der Bafidiomyceten und der Gattung Stysanus begründet.

Allein in der Sporenbildung foll auch die beftehende Aehnlichkeit zwifchen beiden Typen nicht verkannt werden; man vergleiche zu dem Ende die Figuren 9a und 14 der Tafel VI. In Fig. 9a befteht der Conidienträger aus einer Bafalzelle, einer Bafidie und zwei diefer auffitzenden, Sporen abfchnürenden Sterigmen. Denken wir uns diefe Sterigmen in ihrer Fruchtbarkeit begrenzt, und felbft nicht weiter wachsthumsfähig, fo haben wir die gleiche Bildung, wie in Fig. 14. Die vorhandenen Unterfchiede find aber nur biologifcher, kaum morphologifcher Art. Denn morphologifch kann z. B. eine Cambiformzelle einer Cambiumzelle gleichwerthig fein, obgleich die letztere fortentwicklungsfähig ift, die erftere nicht. Dafs ferner in Fig. 14 die Sterigmen durch eine Zellwand von ihrer Bafidie getrennt find, ift kein in Betracht kommendes Moment, weil bei der Bafidiomyceten-Abtheilung der Tremellineen auch gegliederte Sterigmen

vorkommen können. Der Umſtand endlich, daſs bei Stysanus auſser der Coremium-Frucht auch iſolirte Conidienträger auftreten, während bei Pistillaria dergleichen bislang nicht beobachtet worden ſind, fällt aus dem Grunde nicht ins Gewicht, weil in der Literatur*) eine Anzahl von Beobachtungen berichtet werden, wonach ſogar bei Agaricus-Arten ſowohl am Mycelium als aus dem Stiele der Fruchtkörper Conidienträger zu entſpringen vermögen.

Die Conidienträger und Coremien von Stysanus ſtimmen in allen weſentlichen Stücken überein mit den Conidienträgern unzweifelhafter Ascomyceten und weiterhin vieler Hyphomyceten, die wir vorläufig den Ascomyceten zuzählen, deren Schlauchfrüchte wir aber noch nicht kennen. Unter dieſen letzterwähnten Hyphomyceten giebt es ſogar manche, deren Sporenbildung derjenigen der ächten Baſidiomyceten viel ähnlicher iſt als die von Stysanus. Als Beiſpiele mögen nur erwähnt ſein Acmosporium botryoides (CORDA Icones Heft III, Taf. II, Fig. 32) und Botrytis acinorum (FRESENIUS, Beiträge Taf. II, Fig. 17 bis 20),

Die Sporenbildung der Baſidiomyceten entſpricht, wie ſchon mehrfach in der Mycologie hervorgehoben, der Conidienbildung bei den Ascomyceten. Wir können daher *morphologiſch* die Fruchtkörper nicht nur von Pistillaria, ſondern aller Baſidiomyceten als Conidien erzeugende Coremien auffaſſen, welche den Coremien von Ascomyceten im Weſentlichen gleichwerthig ſind, ſich von dieſen nur unterſcheiden durch die Conſtanz ihres Fruchtkörpers, daſs ſie nicht bei jeder Gelegenheit in einzelne conidientragenden Hyphen ſich auflöſen, und durch die Conſtanz in der Bildung der Baſidie und der Sterigmen. Dieſe beiden Momente bedingen die Stellung der Baſidiomyceten als ſelbſtändiger Typus. Dazu kommt als drittes das allerdings nur negative Moment, daſs für Baſidiomyceten bisher keine Ascus-Früchte beobachtet ſind**).

*) Vgl. DE BARY, Morphol. und Phyſ. der Pilze etc. S. 190.

**) Für die gegentheiligen Angaben von SAUTERMEISTER (Bot. Zeit. 1876 Nr. 52) über Exidia werden wir doch die Beſtätigung noch abzuwarten haben.

Es entſteht nun die Frage, ob dieſer morphologiſchen Connivenz ein ſyſtematiſcher Zuſammenhang, Beziehungen der natürlichen Verwandtſchaft entſprechen.

Was den Anſchluſs der Baſidiomyceten an die übrigen Pilze anlangt, ſo würde es zu weit führen, hier die verſchiedenen in der Mycologie zu Tage getretenen Anſchauungen ausführlich zu discutiren; wir wollen uns deswegen auf ein paar kurze Bemerkungen beſchränken über die von dem neuſten Monographen der Baſidiomyceten, über die von BREFELD hinſichtlich dieſes Punktes ausgeſprochene Anſicht.

Mit BREFELD begegnen wir uns in der Anſchauung*), daſs wir morphologiſch die Fruchtkörper der Baſidiomyceten als «höher differenzirte Conidienfrüchte» zu deuten haben.

Dagegen wird den Baſidien der Baſidiomyceten von BREFELD'S Seite eine weſentlich andere Deutung zu Theil, als von der unſrigen. «Die typiſche Baſidie iſt eine ſecundäre Bildung, die allmählig aus einfachen *Conidienformen* hervorgegangen iſt»**). BREFELD vergleicht nicht, wie wir, die Baſidien den oberen Gliedern einfacher Conidienträger, ſondern er vergleicht ſie mit Conidien ſelbſt, mit Sporen einer anderen Pilzordnung, und zwar mit den Teleutoſporen der Roſtpilze; die Sterigmen ſollen den aus dieſen Teleutoſporen hervorgehenden Promycelium-Fäden, die Baſidioſporen den von dieſen letzteren abgeſchnürten Sporidien homolog ſein.

Hierbei ſollen die Tremellineen als Bindeglied zwiſchen den typiſchen Baſidiomyceten und den Roſtpilzen dienen.

Aber nicht alle Baſidiomyceten laſſen ſich nach BREFELD auf dieſe Weiſe phylogenetiſch aus den Roſtpilzen herleiten; die Gaſteromyceten ſollen ihre Stammältern in gewiſſen Pycniden von Ascomyceten beſitzen. Danach würden die Baſidiomyceten in zwei groſse Reihen von ganz verſchiedener Herkunft zerfallen.

Es iſt unfruchtbar, derartigen ſyſtematiſchen Vorſtellungen, ins-

---

*) Baſidiomyceten S. 195.

**) a. a. O. S. 186.

befondere, wenn fie fich in das Gewand phylogenetifcher Herleitung kleiden, mit Gegengründen begegnen zu wollen. Diefe Speculationen gehören eben einem Gebiete an, wo *Beweife* dafür oder dawider nicht aufzubringen find, fie fallen in das Gebiet der fubjectiven Anfchauungen, und einen Erfolg kann der Autor folcher Hypothefen nur verzeichnen, wenn er die Mehrheit der Berufsgenoffen auf feiner Seite hat.

Wir wollen uns deswegen darauf befchränken, nochmals hinzuweifen auf die morphologifche Uebereinftimmung zwifchen dem Coremium von Stysanus und dem Coremium von Pistillaria; das Verhältnifs der Bafidien und Sterigmen beider Pilz-Typen zu einander ift ebenfalls bereits oben erläutert worden.

Es fcheint uns hiernach das natürlichfte, unter Wahrung der Bafidiomyceten als *einheitlicher* Pilzgruppe, diefelben zunächft an den durch Stysanus repräfentirten Typus anzureihen; der letztere fchliefst fich ganz direct an die Conidienträger der Ascomyceten. Bei diefer Combination ift es völlig gleichgültig, ob etwa Stysanus noch Ascusfrüchte befitzt, welche bisher der Beobachtung entgangen find, oder nicht. *Sicheres* wiffen wir darüber in Bezug auf Pistillaria, Agaricus u. f. w. ebenfo wenig, wie in Bezug auf Stysanus; auch bei den typifchen Bafidiomyceten könnte immerhin noch Ascus-Fructification einmal entdeckt werden. Aber auch wenn man concediren will, dafs die Bafidiomyceten durchaus keine Ascusfrüchte befitzen, diefelben etwa verloren haben, würde das an der proponirten Reihe nichts ändern: Ascomyceten — Stysanus — Bafidiomyceten. Die Tremellineen mögen dann als ein beliebig divergirender Aft in das Schema des natürlichen Syftems der Bafidiomyceten gezeichnet werden.

VI. Verticillium cinnabarinum.

Diefer Pilz ift nächft Nectria und Hypomyces Solani der auf faulenden Kartoffeln am häufigften auftretende Schimmel. Derfelbe erhielt von CORDA den Namen Acrostalagmus cinnabarinus*). CORDA

*) Icon fung. II. S. 15.

glaubte auf Grund einer irrthümlichen Beobachtung über den Modus der Conidienbildung an der Spitze der Sterigmen diese Form von der Gattung Verticillium Nees v. Esenb. trennen zu müssen, wie wir sehen werden mit Unrecht, so dass vorläufig kein Grund vorliegt, den Namen Acrostalagmus aufrecht zu erhalten.

Verticillium cinnabarinum bildet ausgedehnte Rasen von ziegelrother Farbe auf trockenfaulen, seltener auf nassfaulen Kartoffeln, sein Vorkommen beschränkt sich jedoch nicht auf letztere allein, anf zahlreichen anderen faulenden Stoffen ist V. cinnabarinum eine nicht ungewöhnliche Erscheinung. Unter dem Mikroskop zeigt der Pilz äusserst zierlich aufgebaute Conidienträger, an einem aufrechten Hauptstrahle stehen in gleichen Abständen Wirtel von Seitenzweigen, welche in derselben Weise wieder Zweigwirtel erzeugen. Die freien Spitzen aller Zweige bilden zahlreiche elliptische Conidien durch einfache Abschnürung in gleicher Weise, wie es für Hypomyces und Nectria Solani eingehender geschildert ist.

Die elliptischen, schwach röthlich gefärbten Conidien keimen leicht in Pferdemist- und Pflaumendecoct, in Wasser findet dagegen nur ganz abortive Keimung statt, wie sie von HOFFMANN (Bot. Zeit. 1854; 15, 16) beschrieben wurde. Dabei entstehen ganz kurze dünne Keimschläuche, die sehr bald aufhören zu wachsen. In den angeführten Decocten schwillt die Conidie bei der Keimung zunächst stark an (Taf. VII, Fig. 3b), dann entsteht an einer beliebigen Stelle ein Keimschlauch, der sich zu einem langen, septirten uud verzweigten Mycelfaden verlängert. Zuerst wächst aus der Conidie nur ein Keimschlauch hervor, später treten auch mehrere auf. In dem Mycel werden die Querwände erst ziemlich weit unterhalb der Spitze deutlich sichtbar, die Verzweigung ist acropetal, die Aeste entstehen sowohl aus dem oberen als auch aus dem mittleren Theile einer Gliederzelle. Die älteren Mycelfäden verdicken sich ein wenig, wobei meist der vordere Zelltheil leicht tonnenförmig aufschwillt.

Schon am dritten oder vierten Tage entstanden an den Keim-

pflanzen die Anlagen junger Conidienträger, als feitliche Ausftülpungen aus den älteren Gliederzellen der Mycelfäden. Sie befitzen von Anfang an einen gröfseren Durchmeffer als die gewöhnlichen Mycelfäden, wachfen rafch in die Länge und erheben fich fenkrecht aus dem Subftrat in die umgebende Luft (Taf. VII, Fig. 5). Bald trennen fie fich durch eine Querwand von der Gliederzelle, der obere Theil fpitzt fich zu und erzeugt rafch nach einander als Sterigma zahlreiche Conidien. Von einer befonderen complicirten Structur der Sterigmafpitze, wie es von CORDA angegeben wird, ift dabei nichts zu bemerken, HOFFMANN hat dies fchon in feiner vorhin erwähnten Arbeit widerlegt und auch die Anfammlung der Conidien in Kugelform an dem Sterigma richtig gedeutet. Die abfallenden Conidien werden einfach durch einen klebrigen Stoff zufammengehalten, und fobald der Conidienträger in einen feuchten Raum hineinragt, fammelt fich an der Spitze eines jeden Sterigma ein kleiner Flüffigkeitstopfen, in welchem die Conidien fchwimmen. Sobald diefer Tropfen mit einer gröfseren Waffermenge in Berührung tritt, fahren die Conidien nach allen Richtungen auseinander, dagegen fallen fie auch bei heftiger Bewegung in trockener Luft nicht von ihren Spitzen ab.

Der junge Conidienträger zerfällt bald durch eine Querwand in zwei Zellen, die obere fungirt als neues Sterigma und dient weiter auch zur Verlängerung des Conidienträgers, die untere erzeugt als Gliederzelle aus ihrem oberen Theil fucceffive zahlreiche Wirtel-Aefte, welche fich fogleich in Sterigmen umwandeln und fich in derfelben Weife wie der Hauptftrahl weiter entwickeln. Die älteren Theile gröfserer Conidienträger nehmen fpäter auch eine röthliche Farbe an, wobei fich ihre Membran ein wenig verdickt. Dem Principe nach ift der morphologifche Aufbau der Conidienftände von Verticillium identifch mit dem von Nectria Solani; die Verzweigung ift centrifugal, aber die Hauptaxe unbegrenzt fortentwicklungsfähig. Der von Nectria abweichende Habitus, welcher einem Racemus fehr ähnlich wird, kommt dadurch zu Stande, dafs die Hauptaxe viel ftärker in die Länge wächft, als die Seitenaxen.

Auf faulen Knollen wurden auch von V. cinnabarinum häufig Rhizomorpha- und Coremium-artige Bildungen beobachtet. Die Rhizomorphen beftehen aus mehr oder weniger dicht zufammengedrängten und verwachfenen Mycelfäden, welche auf der Oberfläche des Subftrates kriechen und aus welchen Conidienträger emporwachfen. Die Coremien bilden fich ebenfalls aus parallel verlaufenden Fäden, fie ftehen aufrecht, und aus ihrer freien Oberfläche entfpringen äufserft zahlreiche Conidienträger, welche aber meift unverzweigt find und einfachen Sterigmen ähnlich fehen.

Das Mycelium von V. cinnabarinum durchdringt faule Kartoffel-Knollen nach allen Richtungen, die Zellwände werden durchbohrt, ebenfo, wie es fcheint, die Stärkekörner, denn in einer nur mit V. cinnab. bedeckten trockenfaulen Knolle waren die Stärkekörner von zahlreichen Poren durchfetzt. In Objectträger-Culturen wurde die Stärke von dem Mycelium nicht direkt angegriffen. Andere Fructifications-Formen zeigte uns der vorliegende Pilz trotz lange fortgefetzter Cultur unter den verfchiedenften Bedingungen nicht. Dafs er in den Entwicklungskreis von Trichothecium roseum gehöre, wie HOFFMANN (a. a. O.) angibt, fcheint uns wenig wahrfcheinlich und wurde auch fchon von DE BARY (Morph. u. Phys. d. Pilze S. 169) angezweifelt. Dagegen ift es nicht unmöglich, dafs HOFFMANN wirklich das Entftehen von Conidienträgern des V. cinnabarinum aus einer Schlauchfpore, beobachtet hat, denn der unbekannte Pyrenomycet, zu welchem V. cinnabarinum als Conidienform gehören dürfte, ift muthmafslich nahe verwandt mit den Gattungen Nectria und Hypomyces, fodafs feine Ascusfporen ungefähr die von HOFFMANN abgebildete Form haben können. Für einen Zufammenhang zwifchen V. cinnabarinum und Nectria Solani wurden ebenfalls keinerlei Andeutungen gefunden.

DRITTER ABSCHNITT.

Die Kräuselkrankheit der Kartoffel.

(Hierzu Tafel VIII und IX.)

Unter den mannichfachen Krankheiten, denen die Kartoffel ausgefetzt ift, zeichnet fich die *Kräufelkrankheit* aus durch Eigenartigkeit der Symptome und des Verlaufes. Diefe Krankheit trat im letzten Drittel des vorigen Jahrhunderts in *England, Frankreich* und *Deutfchland* verheerend auf, fpäter erfchien fie nur hier und da fporadifch, bis in den letzten Jahrzehnten fich die Aufmerkfamkeit der Landwirthe wieder mehr auf diefelbe lenkte, weil gewiffe Kartoffelracen, befonders die neu aus *Amerika* eingeführten, fich derfelben ftärker zugänglich zeigten. In Folge deffen finden wir auch in der Literatur der letzten Jahre eine Anzahl Verfuche, die Urfachen der Kräufelkrankeit zu ermitteln, um dadurch eventuell Mafsregeln zu ihrer Verhütung in Ausficht ftellen zu können.

Die erfte ausführlichere Befchreibung der Kräufelkrankheit wurde von I. KÜHN in feinen «Krankheiten der Kulturgewächfe», S. 220ff veröffentlicht. Die erkrankten Pflanzen machen fich nach demfelben fchon von weitem durch ein eigenthümliches, kümmerliches Ausfehen bemerklich, fie haben nicht die freudig grüne Färbung der gefunden Stauden, die einzelnen Fiederblättchen find wellig gebogen und gefaltet, der gemeinfchaftliche Blattftiel ift zurückgekrümmt. Dann zeigt fich an den Blättchen und vorzüglich am gemeinfchaftlichen Blattftiel eine Verfärbung und dunkle Flecken, zuerft oberflächlich, nach und nach

5*

aber immer tiefer in das Gewebe eindringend, bis endlich die Blätter ſammt dem ſie tragenden Stengel vertrocknen. Ein Mycelium wurde von KÜHN an keinem Theile der Pflanze, welcher die Krankheit zeigte, gefunden, dagegen beſaſsen die Stengel eine auffallende Sprödigkeit und brachen beim Biegen wie Glas. Den Grund der Krankheit glaubt KÜHN in der ungewöhnlichen Vollſaftigkeit der Pflanzen erblicken zu müſſen.

Die Anſicht von SCHACHT*), wonach die Kräuſelkrankheit mit dem Honigthau verwandt ſein ſoll, wurde bereits durch KÜHN hinreichend widerlegt (a. a. O.), ſie braucht deshalb hier nicht weiter berückſichtigt zu werden.

Von ſpäteren Forſchern konnten auch DRECHSLER**) und OEHMICHEN***) keinen Pilz im Stengel entdecken, dagegen machte letzterer die wichtige Wahrnehmung, daſs krankes Saatgut wieder kranke Pflanzen erzeugt. Im Gegenſatz dazu fand HALLIER***) in den von ihm als kräuſelkrank bezeichneten Stauden das Mycelium eines Pilzes.

Auch A. SCHENK†*) ſah in den kräuſelkranken Pflanzen keinen Pilz und ſchlieſst ſich der Darlegung KÜHN'S über die Symptome und Urſache der Krankheit an. Dagegen unterſcheidet er von der eigentlichen Kräuſelkrankheit einen anderen pathologiſchen Zuſtand der Kartoffelpflanze, bei welchem ein Pilz auftritt, deſſen Mycelium ſich vielfach in den Gefäſsbündeln und im Parenchym des Stengels und der Blattſtiele verbreitet. Derſelbe iſt nach ihm identiſch mit Sporidesmium exitiosum KÜHN. Bei dieſer Krankheitsform fehlt die glaſige Beſchaffenheit des Stengels und ſoll ſie ſich dadurch leicht von der Kräuſelkrankheit unterſcheiden laſſen.

Nach den neueſten Angaben von HALLIER††) erſtreckt ſich die Krankheit über zwei Generationen††) der Kartoffelpflanze. Bei

---

*) H. SCHACHT, Bericht über die Kartoffelpflanze und deren Krankheiten; S. 15.
**) Deutſche landw. Preſſe 1875. 2. S. 476.
***) Ebendaſelbſt S. 457, 458; 464.
†*) Ebendaſelbſt S. 666.
††) D. landw. Preſſe 1876. 3. S. 79, 86, 87, u. Plaſtiden d. nied. Pflanzen S. 7.

der erften Generation tritt ein Pilz auf in den Gefäfsen der Stengel, und zwar foll das Mycel zu Pleospora polytricha Tul gehören. Durch die Gefäfse der Brutträger dringt der Pilz auch in die kleinbleibenden Knollen ein und überwintert dafelbft. Werden diefe Knollen ausgefetzt, fo treiben fie glasartig zerbrechliche Schöfslinge, in welche aber das Mycel nicht eindringt. Ehe es zum Knollenanfatz kommt, gehen folche Pflanzen zu Grunde.

Wie man fieht, widerfprechen fich die Angaben der bisherigen Autoren in einzelnen Punkten vollkommen. Wollte man z. B. auch annehmen, dafs die von SCHENK als verfchieden bezeichnete Krankheitsform mit der erften Generation der Kräufelkrankheit nach HALLIER zufammenfällt, fo bleibt immer noch der Widerfpruch der beiden Beobachter über den die Krankheit verurfachenden Pilz beftehen.

Wie dem nun auch fein mag, jedenfalls fehlt bei beiden Autoren der Nachweis, dafs die von ihnen gefundenen Pilze wirklich die Krankheit zu erzeugen im Stande find und nicht etwa fekundär nur in Begleitung derfelben auftreten. Von beiden Forfchern find Impfungsverfuche zur Uebertragung der Krankheit nicht ausgeführt worden.

Der derzeitige Stand der Frage mufste alfo eine erneute Unterfuchung diefes Gegenftandes wünfchenswerth erfcheinen laffen, und da die Kräufelkrankheit auf den Verfuchsfeldern des hiefigen landwirthfchaftlichen Inftituts und anderen benachbarten Kartoffeläckern feit mehreren Jahren unter gewiffen Kartoffelforten ziemlich verbreitet auftrat und ferner ausführlichere Unterfuchungen über die Krankheits- und Fäulnifserfcheinungen der Kartoffelknollen im hiefigen pflanzenphyfiologifchen Inftitut beabfichtigt waren, fo wurde auch die Kräufelkrankheit mit in den Bereich der Unterfuchung gezogen. Das bezügliche Material, foweit es nicht im Inftitute felbft cultivirt wurde, verdanken wir der Güte des Herrn Prof. DRECHSLER und Herrn Gartenmeifter GIESELER hierfelbft.

Die eigenen Unterfuchungen führten zunächft zu einer im Allgemeinen der Darlegung HALLIER'S zuftimmenden Auffaffung der

Krankheit. Die wichtigſten Thatſachen, welche feſtgeſtellt werden konnten, laſſen ſich kurz dahin zuſammenfaſſen:

Erſtens: Die von kräuſelkranken Stauden erzeugten Knollen liefern bei der Ausſaat wieder kranke Pflanzen; die Krankheit iſt alſo erblich.

Zweitens: Die aus kranken Knollen hervorgeſproſste zweite kräuſelkranke Generation beſitzt nicht die Fähigkeit, wieder Knollen zu bilden, die kranke Generation ſtirbt alſo damit aus, die Kräuſelkrankheit iſt für dieſe Reihe von Generationen als erloſchen zu betrachten.

Drittens: Die Krankheit muſs demnach in geſunden Knollen bez. Pflanzen von neuem entſtehen.

Viertens: Ein im Innern der Gewebe vegetirendes Pilzmycelium iſt der conſtante Begleiter aller drei zu unterſcheidenden Typen der Krankheit.

Fünftens: Durch Impfung geſunder Stauden mit dieſem Pilze können die Symptome der Kräuſelkrankheit hervorgerufen werden.

Mit HALLIER unterſcheiden wir alſo zwei verſchiedene Generationen der Kräuſelkrankheit, dagegen müſſen wir im Gegenſatz zu ihm nicht zwei, ſondern drei verſchiedene Krankheitsformen ſtatuiren. Von dieſen tritt die dritte iſolirt auf, ſie bezeichnet den Höhepunkt der Krankheit und endigt mit dem Ausſterben der Generation. Die beiden anderen Formen ſind für ſich ebenfalls ſcharf characteriſirt, ſie können jedoch vereinigt an derſelben Staude, ja ſogar an demſelben Stengel ſich zeigen und dadurch zu Complicationen Anlaſs geben, welche zur Erſchwerung des Verſtändniſſes beitragen. Beide Formen zuſammen repräſentiren die erſte Generation der Krankheit, die erzeugten Brutknollen zeigen beim Austreiben die dritte Krankheitsform. Wir wollen dieſe drei Formen in Folgendem kurz mit A, B und C bezeichnen.

Da uns wie erwähnt in den Formen A und B die Krankheit zuerſt entgegentritt, ſo wählen wir ſie zum Ausgangspunkte unſerer Betrachtung.

Die Form A fand ſich im Sommer 1878 ziemlich häufig auf

einem Acker, der mit der Kartoffelrace «Rothe Amerikaner» beftellt war. Gegen Anfang Juli, wo die erften erkrankten Stauden fich zeigten, waren diefelben daran kenntlich, dafs an einzelnen der im übrigen vollkommen normal und üppig entwickelten Stengel die unteren Blätter welk geworden und vertrocknet waren, fie nahmen dabei gewöhnlich zuerft eine gelbe Färbung an. Kräufelung der Fiederblättchen trat entweder nur in geringem Mafse oder gar nicht auf. Auch zeigten fich braune Flecken auf den Blättern durchaus nicht conftant und meift nur fpärlich. Es wurden zahlreiche Stengel gefunden, deren Blätter welk und gelb geworden waren, ohne dafs ein einziger brauner Fleck aufgetreten wäre. Niemals zeigte der Stengel, felten die Blattftiele bei diefer Form eine auffallende Brüchigkeit, nur die ganz abgeftorbenen Stengel brachen beim Biegen gewöhnlich an den Knoten. Die einzelnen Stengel einer erkrankten Staude welken gewöhnlich nicht zu gleicher Zeit, fondern nach einander, man trifft daher an derfelben Staude neben ganz welken noch durchaus gefund erfcheinende Stengel. Aber auch diefe werden allmählich ergriffen, und nach der erften Hälfte des Auguft wurde an den kranken Stauden kein lebender Stengel mehr beobachtet.

Durchfchneidet man einen Stengel, wenn die Blätter eben anfangen zu welken, fo erkennt man fchon mit blofsen Augen eine fchwache gelbliche Färbung der Gefäfsgruppen. Unterfucht man dünne Schnitte microfkopifch, fo findet man alle Gefäfse mit einem farblofen, ftark verzweigten Pilzmycel erfüllt (vgl. Taf. VIII, Fig. 3). Daffelbe ift feptirt, befitzt einen mehr oder weniger körnigen Inhalt und eine wechfelnde Dicke im Mittel von ca. 3—4 Mik. Auf Längsfchnitten erkennt man, dafs die Mycelfäden die Gefäfse vorwiegend in der Längsrichtung durchziehen, man findet fie ebenfo in den Spiral- wie in den Tüpfelgefäfsen, vorwiegend jedoch in den letzteren. In der Regel zeigt fich das Mycel an ftark erkrankten Stengeln in allen Gefäfsbündeln des Querfchnitts und in allen Internodien, es läfst fich leicht von der Bafis bis zur Spitze des Stengels continuirlich verfolgen und häufig auch bis zur Spitze des gemeinfchaftlichen Blatt-

ſtiels. Auch von den ſcheinbar noch geſunden Stengeln einer erkrankten Staude findet man in der Regel den einen oder den anderen ſchon bis zur Spitze mit Mycel erfüllt, in anderen läſst ſich daſſelbe nur in dem unteren Theile nachweiſen und es iſt hier leicht, die fortwachſenden Spitzen der Mycelfäden aufzufinden; das Mycelium durchwächſt alſo den Stengel von unten nach oben. Wieder andere noch geſund erſcheinende Stengel ſind vorläufig noch Mycel-frei.

Die Thatſache, daſs einzelne Stengel noch vollkommen geſund erſcheinen, während ſie ſchon ihrer ganzen Länge nach von dem Pilzmycel durchſetzt ſind, deutet mit Sicherheit darauf hin, daſs der Pilz als echter Paraſit ihr Inneres bewohnt.

Solange die Stengel noch grün ſind und ihre Gewebe noch nicht abgeſtorben, findet man das Mycel nur in den Gefäſsen und ſehr ſpärlich hin und wieder auch in den zunächſt liegenden Zellen des Gefäſsbündels, niemals jedoch in dem dieſelben verbindenden Holzringe oder in den übrigen Gewebepartien. Epidermis, Cambium und Mark erſcheinen noch vollkommen geſund. Mit dem Abſterben des Stengels verbreitet ſich das Mycel jedoch durch alle Gewebe, indem es die Zellwände mit Leichtigkeit durchbohrt, wobei ſich die Fäden etwas contrahiren. Vorwiegend wächſt es jedoch nach der Oberfläche zu, die Holzzellen, das Cambium, Baſt und Rinde, ſogar die Haare der Epidermis durchdringend und erfüllend. Auch die dicken Wände der Baſtfaſern werden durchbohrt (vgl. Taf. VIII, Fig. 5) und das Lumen vom Mycel durchwachſen.

Liegt der Stengel in einer feuchten Atmoſphäre, ſo treten die Mycelfäden auch durch die Epidermis hervor, und die ganze Stengeloberfläche bedeckt ſich in kurzer Zeit mit einem weiſsen Anflug von Conidienträgern des Pilzes. Dieſe von uns beobachteten Conidienträger gehören unzweifelhaft zu dem in den Gefäſsen vegetirenden Mycel, denn abgeſehen davon, daſs man in den Gefäſsen ſelbſt mitunter Conidienbildung beobachtet (vgl. Taf. VIII, Fig. 3 bei a), ſieht man an feucht hingelegten Stengelſtücken Mycelfäden und Conidienträger ſchon am dritten Tage aus den Gefäſsen hervorwachſen. Einige

Tage ſpäter erſcheinen ſie dann auch auf der Oberfläche des Stengels. Hält man die Cultur gegen eindringende fremde Pilzſporen geſchützt, ſo iſt es leicht, ſie wochenlang rein zu behalten, abgeſehen von den im faulen Gewebe auftretenden Bacterien. Auch zahlreiche Objectträgerculturen zeigten direkt den Zuſammenhang der von uns beſchriebenen Conidienträger mit dem Mycelium der kräuſelkranken Stengel.

Die Conidienträger entſpringen ſeitlich oder auch terminal aus den Myceliumfäden, ſie ſind etwas dicker als dieſe und gliedern ſich von ihnen bald durch eine Querwand ab. Sie ſind vollkommen farblos, wenigſtens in der Jugend, ſie gleichen durchaus denen von Verticillium cinnabarinum (Acrostalagmus cinn. Cd.) und zeigen auch ganz dieſelbe Wachsthumsweiſe (vgl. Taf. VIII, Fig. 6, 7, 8). Die Spitze des zuerſt einfachen Fadens bildet ſich bald in ein Sterigma um und beginnt nach einander zahlreiche Conidien abzuſchnüren. Zugleich verlängert ſie ſich, erzeugt nach einander mehrere Gliederzellen, von denen Seitenzweige entwickelt werden. Jede Gliederzelle bildet an ihrem oberen Ende 4—5 ſolcher Zweige aus, die wirtelförmig angeordnet ſind und dieſelbe Entwicklungsfähigkeit wie der Hauptſtamm beſitzen; nur iſt die Intenſität ihres Wachsthums etwas geringer, ſo daſs ſie von letzterem übergipfelt werden. Die Zahl der Wirtel an dem Hauptſtamm kann bis auf acht ſteigen. Treten die Conidienträger durch die Wand einer Zelle hervor, ſo zeigen ſie auſserhalb derſelben gewöhnlich eine leichte Anſchwellung, welche meiſt durch eine Querwand von dem übrigen Fadentheil abgegrenzt iſt (vgl. Taf. VIII, Fig. 7). Aus dieſen Anſchwellungen können ſogleich Verzweigungen der Conidienträger entſtehen.

Die Conidien, welche ſich an den Sterigmen in Form kleiner Kugeln anſammeln und bei der Benetzung mit Waſſer ſogleich auseinanderflieſsen, ſind von elliptiſcher Geſtalt und ſehr verſchiedener Gröſse. Ihre Länge ſchwankt zwiſchen 5—12 Mik., ihre Breite iſt ca. 3 Mik. (vgl. Taf. IX, Fig. 5). Die Enden ſind beſonders bei den längeren Formen zuweilen etwas unſymmetriſch zugeſpitzt. Das

Protoplasma ist gewöhnlich feinkörnig. Während alle Conidien bei der Reife einzellig sind, so treten nach dem Abfallen besonders in den längeren Formen ziemlich regelmäfsig Querwände auf, wodurch sie in zwei gleiche Zellen zerfallen. Die kürzeren bleiben dagegen ungetheilt.

In Wasser ausgesäet schwellen die Conidien stark an (vgl. Taf. IX Fig. 9, 10), die zweizelligen erhalten dadurch eine biscuitförmige Gestalt, dann entstehen aus jeder ein oder mehrere Keimschläuche. Bei der Aussaat in Wasser bleiben diese jedoch dünn und hören bald auf zu wachsen, säet man dagegen die Conidien aus in Wasser neben Kartoffelschnitten oder fauler Kartoffelmasse (die vorher zur Abtödtung fremder Beimengungen längere Zeit auf 100 Grad erwärmt wurde), so erfolgt nach der Keimung ein üppiges Wachsthum der Keimfäden. Sie verschmelzen durch zahlreiche Anastomosen mit einander und erzeugen früher oder später wieder Conidienträger. Gar nicht selten wandelt sich schon der unmittelbar aus der Conidie hervortretende Keimschlauch zu einem Sterigma um und erzeugt zahlreiche Conidien (Fig. 10). Solche Sterigmen wachsen jedoch nie zu stattlichen Conidienträgern aus, sie bleiben immer zwergig. Auch an älteren Mycelfäden sind sie nicht selten (vgl. Taf. IX, Fig. 11), an solchen wurde Abschnürung von Conidien an sehr kurzen Seitenästchen häufig beobachtet.

Nachdem die Produktion der Conidien auf der Oberfläche des Stengels eine Zeitlang fortgedauert hat, nimmt das faule Gewebe ziemlich rasch eine intensiv schwarze oder dunkelbraune Färbung an. Die mikroskopische Untersuchung lehrt, dafs dieselbe von den sich schwärzenden Mycelfäden des Pilzes herrührt. In denselben treten dabei zahlreiche Querwände auf, worauf die kurzen Zellen stark in die Dicke wachsen und eine kugelförmige Gestalt annehmen, so dafs die Fäden torulös erscheinen (vgl. Taf. IX, Fig. 1). Lagern sich mehrere solche Fäden aneinander, so entstehen in dem faulenden Gewebe schwarze Zellhaufen von verschiedener Gröfse und unregelmäfsiger Gestalt. Das Auftreten von Längswänden wurde hierbei nie beob-

achtet; die braunen Zellhaufen bilden fich alfo nur durch das Aneinanderlegen benachbarter Zellfäden. Bei der Bräunung verdickt fich die Wand der Zellen merklich, es laffen fich nachher deutlich doppelte Contouren unterfcheiden; der Inhalt wird durch die Bräunung gröfstentheils verdeckt, meift machen fich jedoch fpäter in ihm ein oder mehrere Oeltropfen bemerklich. Die Bräunung erftreckt fich über das ganze im faulenden Stengel befindliche Mycelgeflecht, fogar die unteren Zellen der Conideinträger fchwärzen fich fpäter zumeift, und können in ihnen ebenfalls intercalare Theilungen auftreten (vgl. Taf. VIII, Fig. 8) Alle diefe gebräunten Zellen und Zellhaufen fungiren, wie leicht zu zeigen ift, als Dauermycelien zur Ueberwinterung des Pilzes. Man kann diefe Dauermycelien Sclerotien nennen, wenn auch ihre Zellen keinen gröfsern Gewebekörper bilden, wie es bei den gewöhnlich als Sclerotien bezeichneten Bildungen der Fall ift.

Bringt man diefe Sclerotien oder Dauermycelien, nachdem fie Monate lang ausgetrocknet waren, bei Zimmertemperatur in Waffer oder in eine feuchte Atmofphäre, fo treten aus ihnen farblofe Mycelfäden hervor (vgl. Taf. IX, Fig 2, 3), aus denen weiterhin bei genügender Zufuhr von Nährftoffen Conidienträger entftehen. —

Die Bildung von Conidien auf der Oberfläche der durch das parafitifche Mycel abgetödteten Stengel kann aber auch nur fehr fpärlich eintreten, oder fogar ganz unterbleiben, wenn die Stengel in einer trockenen Atmofphäre verdorren. In diefem Falle tritt unmittelbar die Dunkelfärbung der Mycelfäden ein, und die Conidienbildung wird auf einen günftigeren Zeitpunkt verfchoben. Denn bringt man folche Stengel fpäter in einen feuchten Raum, fo bedecken fie fich bald mit einem weifsen Anflug von Conidienträgern.

Andere Fruchtformen aufser den Conidien und den Dauermycelien konnten von dem vorliegenden Pilze nicht aufgefunden werden. Nach dem Bekannten müffen wir ihn vorläufig unter die Gattung Verticillium Nees v. Esenb. bringen, zu welcher auch Acrostalagmus cinnabarinus Cd. gezogen wurde. Als Speziesname dürfte fich V. alboatrum empfehlen.

Die Unterfuchung der unterirdifchen Theile der erkrankten Stauden ergab Folgendes: Auch ftärker erkrankte und fchon welcke Stengel, deren Gefäfse von unten bis oben mit Mycel erfüllt waren, erwiefen fich in den Rindenpartien der unterirdifchen Theile meift als mycelfrei und ohne jene intenfiven braunen Flecken, wie fie uns bei den beiden anderen Typen conftant begegnen werden. Allerdings nicht ausnahmslos, wir werden jedoch hierauf fpäter zurückkommen.

In den Gefäfsen der Brutträger konnte das Mycel öfter leicht nachgewiefen werden fchon in einem Stadium, wo diefelben noch vollkommen gefund und kräftig erfchienen und auch die Stengel noch grüne Blätter zeigten. Zu diefer Zeit tritt es allerdings noch nicht conftant in den Brutträgern auf, fehlt z. B. an demfelben Stengel in dem einen, während es in dem anderen fchon bis zur neugebildeten Knolle vorgedrungen ift. Sicher ift jedenfalls, dafs der Pilz vom Stengel her in die Brutträger eindringt.

Die Knollen, deren Gröfse auch an den kranken Stauden theilweife noch eine beträchtliche war, wurden in gröfserer Anzahl gleich nach der Ernte gegen Ende September unterfucht. Nur bei ungefähr einem Fünftel oder einem Sechstel der ganzen Menge zeigte fich Mycel in den Gefäfsen der inneren Theile der Knollen. Weit war es jedoch niemals vorgedrungen, höchftens bis auf 15 *mm*. In allen Fällen, wo im Inneren Mycel aufgefunden werden konnte, waren die Gefäfse in der Nähe der Anfatzftelle des Brutträgers ftark gebräunt, zum Theil gefchwärzt, was von der Schwärzung der Mycelfäden herrührte. Die letzten Spitzen der Pilzfäden find aber immer farblos.

Conftant aber zeigte fich das Mycelium unferes Verticillium in dem Gewebe an der Anfatzftelle des Brutträgers, alfo an der Bafis der jungen Knolle.

Die aus dem Krankheitsftadium A geernteten Knollen wurden in Töpfe ausgepflanzt und trieben Spröfslinge, welche mit allen Symptomen des fogleich als Form C der Kräufelkrankheit zu fchildernden Stadiums behaftet waren. Dadurch ift der genetifche Zufammenhang

der Formen A und C feftgeftellt. Das im Stengel der kranken Pflanzen gefundene Mycel überwintert in der Anfatzftelle des Brutträgers und theilweife im Innern der erzeugten Knollen.

Gleichzeitig mit der Form A beobachtet man auch den von uns als B unterfchiedenen Typus. Bei diefem finden wir im Habitus der erkrankten Stauden bereits die Merkmale des dritten Typus, des Höhepunktes der Krankheit, deutlicher ausgeprägt.

Auch bei B unterfcheiden fich bis gegen Mitte Juli die erkrankten Stauden nicht von den gefunden in ihrer Nachbarfchaft, die Stengel erreichen alfo auch hier die volle Gröfse der gefunden, da um diefe Zeit das Wachsthum ziemlich beendet ift. Stengel und Blätter find normal entwickelt, befonders die letzteren zeichnen fich vorher weder durch geringere Gröfse noch durch auffallende Kräufelung aus. Mit dem Sichtbarwerden der Krankheit beginnen die Blätter fich an den Rändern zu kräufeln, doch nie in dem Mafse wie bei C, es entftehen braune Flecken, deren Gröfe immer mehr zunimmt, bis zuletzt das ganze Blatt vertrocknet ift. Auch die Blattftiele biegen fich zurück, es zeigen fich an ihnen Verfärbungen, welche fpäter auch am Stengel auftreten und bald zum vollkommenen Vertrocknen deffelben führen. Blattftiele und Stengel find fpröde und brüchig aber niemals in fo auffallender Weife, wie es bei C uns entgegentritt. Hebt man die ganze Staude aus der Erde heraus, fo zeigt fich um diefe Zeit die Mutterkartoffel meift fchon vollkommen abgefault, oder doch in den Anfangsftadien der Fäulnifs. Die Stengel, welche in der Regel alle erkranken, doch nicht zu gleicher Zeit, fondern nach einander, find am unterirdifchen Theile mit gröfseren braunen Flecken bedeckt, auch zeigen fich häufig Längsriffe in der Rinde. Auch die Wurzeln zeigen Symptome der Erkrankung, ihr Gewebe bräunt fich, ftirbt ab und vertrocknet. Die Brutknollen, welche auch bei diefem Typus immer noch erzeugt werden, find weniger zahlreich und von geringerer Gröfse als die der gefunden Stauden.

Die mikrofkopifche Unterfuchung ergiebt abweichend von dem Befunde beim Typus A, dafs das Gewebe aller oberirdifchen Theile der Pflanze vollkommen pilzfrei ift, was mit den Beobachtungen von KÜHN, DRECHSLER u. A. im Einklange fteht. Wenn man dagegen tangentiale Schnitte führt durch die braunen Flecken am unterirdifchen Theil des Stengels, fo findet man hier das parenchymatifche Gewebe der Rinde von Pilzfäden durchwuchert, während die Gefäfse keinen Pilz beherbergen (vgl. Taf. VIII, Fig. 2). Das Mycel, welches dem in den Gefäfsen bei Form A gefundenen durchaus gleicht, durchwächft Zelllumina und Intercellularräume, zuerft findet es fich in den oberften Schichten der Epidermis und dringt allmählich immer tiefer ein. Man findet es häufig in Zellen, welche vollkommen gefund erfcheinenden unmittelbar benachbart find. Auch in dem Rindengewebe der gebräunten Wurzelpartien find diefelben Pilzfäden leicht nachzuweifen. Trotz des abweichenden Vorkommens ift nun diefes Mycel identifch mit dem in den Gefäfsen beobachteten, denn cultivirt man Schnitte des Gewebes auf Objectträgern oder gröfsere Stengelftücke in feuchter Atmofphäre unter unter einer Glasglocke, fo fieht man die weifsen Conidienträger des Vert. albo-atrum in ihrer characteriftifchen Verzweigung direkt aus diefen Mycelfäden hervorgehen (vgl. Taf. VIII, Fig. 4).

Auch hier tritt wie bei der Form A das Pilzmycel durch die Brutträger auf die jungen Knollen über, es überwintert an der Anfatzftelle des Brutträgers, konnte aber niemals weit in das Innere der Knolle hinein verfolgt werden.

Werden die erzeugten Knollen im nächften Frühjahr wieder ausgefetzt, fo zeigen ihre Triebe die Form C der Krankheit, nur ausnahmsweife fcheint eine an einem kräufelkranken Stock gereifte Knolle gefunde Sproffe zu treiben.

Wir haben in der bisherigen Darftellung die beiden Typen A und B von einander getrennt gehalten und fcharf unterfcheiden können, in der Wirklichkeit kommen fie jedoch zuweilen vereinigt an verfchiedenen Stengeln derfelben Staude, ja an demfelben Stengel vor,

wie bereits früher hervorgehoben wurde. So fanden fich einige Exemplare, welche die Form B der Krankheit zeigten, bei denen nach einiger Zeit in den Gefäfsen einzelner ftark welker Stengel Mycelium auftrat, es wurden ferner Stengel mit der Krankheitsform A gefunden, welche auch auf der Oberfläche des unterirdifchen Theiles braune, mit Mycel inficirte Flecken trugen. Auch kamen an kranken Stengeln noch andere zuerft auffallende Befonderheiten vor. Während einige Stengel in normaler Weife die Form B der Krankheit zeigten, erwiefen fich hin und wieder andere ebenfalls fchon welke und erkrankte Stengel auf der Oberfläche des unterirdifchen Theils nur fpärlich mit braunen Flecken bedeckt und ebenfo fanden fich an Stauden, von denen die Mehrzahl der Stengel die Krankheitsform A zeigten, hin und wieder einige ohne Mycel in den Gefäfsen, aber trotzdem welk. Diefe Fälle gehören zu den Ausnahmen, fie erfordern aber dennoch eine volle Erklärung; der Verfuch dazu wird unten gemacht werden. Aus diefen Thatfachen geht hervor, dafs die Typen A und B der gleichen, nämlich der erften Generation der Krankheit angehören.

Die als Typus C der Kräufelkrankheit zu bezeichnende Form geht ausnahmslos aus Knollen hervor, welche an kräufelkranken Stöcken der Typen A und B in der vorhergehenden Vegetationsperiode gereift waren.

Diefe den Keim der Krankheit in fich bergenden Knollen, welche kleiner zu fein pflegen als gefunde Knollen der gleichen Race, treiben im Frühjahr Sproffe hervor, welche fogleich mit allen Merkmalen einer hochgradigen Kräufelkrankheit behaftet find und fpeziell den Befchreibungen der Autoren zu Grunde gelegen haben.

Diefe kranken Triebe kommen fpäter zum Vorfchein, fie entwickeln fich langfamer, bleiben kürzer, als gefunde; die Blätter gelangen nicht zur vollen Entfaltung, fondern bleiben klein, zufammengezogen und zeigen nicht die freudig grüne Farbe der gefunden. Die Fiederblättchen find kraus und wellig gebogen, der gemeinfchaftliche Blatt-

ftiel ift zurückgekrümmt. Nach einiger Zeit treten, wie es auch KÜHN befchrieben hat, mit deffen Darftellung wir hier vollkommen übereinftimmen, an den Blättern und am Blattftiel Verfärbungen und dunkle Flecke auf, welche fich mehr und mehr vergröfsern. Zuerft vertrocknen die unteren Blätter, allmählich auch die höher ftehenden. Zugleich treten auch am Stengel braune Flecken hervor, anfangs an den Infertionen der fchon welken Blattftiele, dann auch an anderen Stellen, bis der ganze Stengel von oben nach unten verdorrt. Enthält die Mutterknolle einen hinreichenden Vorrath von Referveftoffen, fo kann fie nach dem Abfterben der zuerft getriebenen Stengel weitere Augen zum Treiben bringen, aber alle Stengel gehen zu Grunde, ohne es bis zur Blüthe oder dem Anfatz neuer Knollen zu bringen. Zwifchen dem Erfcheinen und Vergehen des erften und des letzten folcher aus einer gröfseren Mutterknolle hervorgehender Stengel kann ein Zeitraum von Monaten liegen. Noch im Auguft wurde neues Austreiben einer Knolle der *Sebec*-Kartoffel beobachtet, deren erfter Trieb fchon Anfang Juni erfchienen und bald abgeftorben war. Kleinere Knollen erfchöpfen fich jedoch früher und gehen dann bald wie alle Mutterknollen in Fäulnifs über. Manche der ausgelegten, von kranken Stöcken entnommenen Knollen haben gar nicht getrieben.

Stengel und Blattftiele zeigen bei diefer zweiten Generation der Krankheit eine ganz aufsergewöhnliche Sprödigkeit, fie brechen beim Biegen wie Glas.

Nimmt man einen ganzen Stock aus dem Boden heraus, fo zeigt fich das unterirdifche Stengelftück ftets deutlich braun gefärbt (vgl. Taf. VIII, Fig. 1), bei etwas vorgefchrittenerem Stadium auf der ganzen Oberfläche. Dazu treten befonders bei kräftigen Stengeln Längsriffe, welche das Rindenparenchym bis auf den Holzkörper durchfetzen. Diefe Bräunung zeigt fich früher als das Welken der Blätter und der oberirdifchen Stengeltheile, fie umfafst entweder die ganze Oberfläche, oder erfcheint fleckenweife, am fpäteften tritt fie auf an den unmittelbar unter der Erdoberfläche gelegenen Partien. Auch die Wurzeln find immer auf kürzere oder längere

Strecken gebräunt und welk, zuletzt alle abgeſtorben. Sie vertrocknen im Boden.

Die mikroſkopiſche Unterſuchung von Stengel und Knolle ergiebt Folgendes: An den oberirdiſchen Theilen iſt auch auf dieſer Stufe, wie wir in Uebereinſtimmung mit den früheren Beobachtern mit Einſchluſs von HALLIER beſtätigen können, ein Pilz nicht aufzufinden. Auch die genaueſte Durchmuſterung der mit Kali aufgehellten Gewebe ergab in allen Fällen daſſelbe Reſultat. Der Thatbeſtand iſt hier ein gleicher, wie er oben für das Stadium B zur Darſtellung gebracht ward. Ein Mycelium von derſelben Beſchaffenheit, wie es dort beobachtet wurde, durchſetzt auch hier die Gewebe der Rinde des *unterirdiſchen* Stengels, ohne ſich in den Gefäſsbündeln zu zeigen. Auſserdem findet ſich auch häufig, jedoch nicht conſtant, ein viel feineres Mycel, welches allgemein auf abſterbenden Kartoffeltheilen, die auch nicht kräuſelkranken Stauden entſtammen, verbreitet zu ſein ſcheint und welches auch bei der Form B beobachtet wurde. Demſelben zugehörige Fructificationsorgane konnten nicht aufgefunden werden (vgl. Taf. VIII, Fig. 2).

Die Cultur ſowohl gröſserer Stengelſtücke im feuchten Raum als auch dünner Schnitte auf Objectträgern zeigt auch hier das Hervorwachſen der Conididienträger des Vert. albo-atrum aus den Fäden des Myceliums, welche das Rindengewebe der erkrankten Triebe durchſetzen (vgl. Taf. VIII, Fig. 4 und betreffs der bei dieſer Form erzeugten Conidien, ihrer Keimung etc., die Figg. 4, 6, 7, 8 der Taf. IX).

Was endlich die ausgeſetzte Knolle anbetrifft, ſo erſcheint dieſelbe durchaus normal, ſie verhält ſich wie jede andere Mutterknolle. Quer- und Längsſchnitte ergeben, daſs ihr Gewebe im Innern vollkommen geſund iſt. Es wird hierbei jedoch vorausgeſetzt, daſs die Knolle noch nicht derart erſchöpft ſei, daſs in Folge davon ſchon wie bei jeder Mutterknolle die Fäulniſs eingetreten iſt. Macht man jedoch Tangentialſchnitte durch die Korkſchicht, ſo findet man die Zellen derſelben mit Mycelfäden dicht erfüllt, welche ſich von den in den Stengeln gefundenen äuſserlich nicht unterſcheiden laſſen. In

das Parenchym der Knolle sieht man diese Fäden nicht eindringen. Cultivirt man kleinere Schnitte in der Feuchtkammer, so erscheinen auf der inneren Schnittfläche bald kürzere Aeste des Mycels, welche sich zu zwerghaften Conidienträgern gestalten und welche unzweifelhaft zu V. albo-atrum gehören (vgl. Taf. IX, Fig. 11). Das Mycel, welches wir im Herbst an der Ansatzstelle des Brutträgers vorfanden, umwächst also die Knolle, ohne in ihr Inneres einzudringen und muss dann aus der Korkschicht auf die jungen Triebe übertreten.

Es wirft sich hier deswegen die Frage auf: Zu welcher Zeit umwächst das Mycel von Vert. albo-atrum die Oberfläche der ganzen Knolle, findet dies schon im Herbst statt, so lange die Knollen noch in der Erde liegen, oder im Winter während der Aufbewahrung im Keller, oder erst im Frühjahre nach der Aussaat?

Wie wir bei der Besprechung der Krankheitsformen A und B sahen, ist im Herbst bei den Brutknollen von kranken Stauden das Mycel von Vert. albo-atrum leicht an der Ansatzstelle des Brutträgers, zum Theil auch noch in den Gefässen im Innern der Knolle nachzuweisen. Durchmustert man zu dieser Zeit auch andere Theile der Oberfläche von Brutknollen, so wird man in den Korkschichten wohl niemals vergeblich nach Pilzfäden suchen, man findet solche immer, wenn auch nur spärlich, aber nicht allein auf den kranken Brutknollen, sondern ebenso gut auf solchen, die an gesunden Stauden gewachsen sind. Zumeist sind es Mycelfäden von Pleospora herbarum, welche stellenweise sogar reichlich die Korkzellen durchwuchern und welche, wenn die Knollen in nicht gar zu trockener Atmosphäre gehalten werden, zahlreiche Conidienträger an die Oberfläche senden, an denen die allbekanten Conidien gebildet werden Es fallen ferner schon dem blossen Auge auf fast allen Knollen kleine schwarze, etwas hervorragende Pünktchen auf, welche sich unter dem Mikroskop als kleine Sclerotien erweisen und welche meist den Raum einer Korkzelle erfüllen, deren Umrissen sie sich vollständig anschmiegen. Sie gehören unzwelfelhaft zu der später noch näher zu besprechenden, auf Kartoffeltheilen äusserst häufigen Periola-Form, denn sie treiben in

der Cultur aus, und an den entſtandenen Mycelfäden wurde einigemale die Bildung der für jene charakteriſtiſchen Conidien beobachtet. Das zugehörige Mycelium iſt farblos und ſeptirt und leicht mit dem von Vert. albo-atrum zu verwechſeln, doch ſind die älteren Fäden meiſt bedeutend dicker. Aber es treten auch Mycelien auf, die in keiner Weiſe von dem Mycel des Verticillium zu unterſcheiden ſind, erſt umſtändlichere Culturverſuche müſſen uns Gewiſsheit verſchaffen, ob es zu demſelben gehört oder nicht.

Cultivirt man Knollen, geſunde ſowohl wie kranke, einige Zeit im feuchten Raume, ſo findet man bei der ſpäteren Unterſuchung die Mycelfäden bedeutend vermehrt. Auf der unverletzten Oberfläche erſcheinen jedoch keine Conidienträger von Vert. albo-atrum, auch bei den kranken Knollen treten ſie nur an der Anſatzſtelle des Brutträgers auf. Bei dieſen kann man ſie jedoch auch aus anderen Theilen hervorlocken, wenn man eine Scheibe von der Knolle abſchneidet und ſo das innere Gewebe bloſslegt. Auf der Schnittfläche erſcheinen nach einiger Zeit Mycelfäden, welche vom Rande nach der Mitte vordringen, ſie ſind zuerſt ganz unſcheinbar, ſpäter bilden ſie einen feinen weiſsen Ueberzug, aus dem zahlreiche Conidienträger von Vert. albo-atrum emporragen. Das Mycel dringt aber auch hier niemals tief in das Gewebe der Knolle ein, indem ſich letztere auch gegen Verticillium durch eine Korkſchicht zu ſchützen vermag. Offenbar findet der Pilz aber in den ihm preisgegebenen äuſseren Parenchymſchichten hinreichende Nahrung, um zur Conidienbildung zu gelangen, was ihm in der Korkſchicht nicht möglich iſt.

An geſunden Knollen derſelben Race, welche in der gleichen Weiſe behandelt wurden, zeigte ſich Vert. albo-atrum nicht, obwohl die Unterſuchung ergab, daſs zahlreiche Mycelfäden in der Korkſchicht vorhanden waren Dieſelben gehören daher nicht zu Vert. albo-atrum aber höchſt wahrſcheinlich zu Nectria Solani und Verticillium cinnabarinum, deren Conidienträger auch auf feucht liegenden, noch geſunden Knollen beobachtet werden, die aber bekanntlich erſt mit dem Eintritt der Fäulniſs zur maſſenhaften Entwickelung kommen.

Wir werden daher auch die auf kranken Knollen schon im Herbst gefundenen vereinzelten Mycelfäden als zu den erwähnten beiden Saprophyten gehörend ansehen müssen, während Vert. albo-atrum auf eine kleine Stelle an dem Anheftungspunkte des Brutträgers beschränkt zu sein scheint. Die weitere Ausbreitung von hier geschieht schon im Herbst, wenn die Knollen bei Zimmertemperatur feucht gehalten werden, bei trockenerer Lage trat den Winter hindurch eine erhebliche Vermehrung der Pilzfäden auf der Oberfläche nicht ein, ein Gleiches wird auch in nicht zu feuchten und warmen Kellern der Fall sein. Normaler Weise wird also die Umspinnung der ganzen Knollenoberfläche erst im Frühjahre nach der Aussaat erfolgen.

Uebrigens wird es sich nur dadurch sicher entscheiden lassen, ob der Pilz im Herbst wirklich noch auf die erwähnte kleine Stelle der Oberfläche beschränkt ist, dass man kranke Brutknollen schon im Herbst der Querrichtung nach halbirt und nun durch getrenntes Auspflanzen der Hälften untersucht, ob etwa die obere Hälfte gesunde Pflanzen erzeugt oder nicht. In dieser Weise angestellte Culturen haben leider bis jetzt ein Resultat noch nicht geliefert. —

Kehren wir nun zur Hauptsache zurück, so mag als wichtigstes Moment noch einmal hervorgehoben werden, dass die im Stadium C der Kräuselkrankheit befindlichen Stauden niemals neue Knollen zu produciren vermögen, mit diesem Typus muss also die Reihe der kräuselkranken Generationen aussterben, welche somit wohl immer nur aus zwei Gliedern besteht. —

Die Frage, welche jetzt an uns herantritt, ist folgende: Wie entsteht die Kräuselkrankeit in der ersten Generation und wird dieselbe durch den zu Verticillium gehörigen Pilz hervorgerufen?

Dass der Kräuselkrankeit der Charakter einer Infectionskrankheit zukomme, wird dadurch nahe gelegt, dass sie in erster Generation autochthon in bis dahin gesunden Individuen zum Vorschein kommt.

Die uns bekannten Infectionskrankheiten der Gewächse werden aber durch Pilze oder durch Bacterien hervorgerufen. Da nun Bacterien in dem Gewebe kräuselkranker Stengel und Knollen, sofern

dieselben nicht sekundär in Nassfäule übergingen, niemals nachzuweisen waren, so musste der constant in den kräuselkranken Stöcken gefundene Pilz als wahrscheinlicher Erreger der Krankheit ins Auge gefasst werden. Ein Beweis für die Richtigkeit dieser Muthmassung war nur durch Impfung gesunder Kartoffelpflanzen mit diesem Pilze zu erbringen.

Freilich ist es an sich nicht leicht erfindlich, welch' anderer Ursache man die Bräunung der Stengel und das Absterben der Wurzeln zu schreiben soll, als eben dem sich darin findenden Mycel, wenn man nicht verdorbenen Säften in den Knollen oder ungeeigneter Bodenbeschaffenheit die Schuld geben will, was Beides mit den Thatsachen schlecht in Einklang zu bringen ist. Denn der letztere Einwand ist aus dem Grunde zu verwerfen, weil die kranken Exemplare ja zerstreut und vereinzelt zwischen vollkommen gesunden gefunden werden. Für den ersteren könnte die glasige Beschaffenheit des Stengels sprechen, welche ja jedenfalls abnorme Stockungen der Säfte anzeigt, allein bei der grossen Unwahrscheinlichkeit, welche eine solche Annahme nach allen neueren Erfahrungen besitzt, werden wir richtiger die beobachteten Abnormitäten als Folgen einer andersartigen Krankheitsursache aufzufassen haben.

Als Resultat der von uns zur Entscheidung der Frage angestellten Impfungen war natürlich immer nur eine Erzeugung der ersten Generation der Krankheit zu erwarten, also der beiden Typen A und B.

Eine grössere Reihe von Infectionsversuchen ergab zum Theil ein negatives Resultat; es bezieht sich dies auf alle die Fälle, wo eine Impfung von aussen in die Knolle und das Rindenparenchym des Stengels versucht wurde. Es konnte dadurch keine der beiden Krankheitsformen erzeugt werden. Wir haben Grund anzunehmen, dass die Ursache theils darin begründet ist, dass die im Sommer 1878 zu derartigen Impfungen benutzten Knollen nicht zu denjenigen Racen gehörten, welche sich der Krankheit am zugänglichsten zeigen, theils aber auch in anderen sekundären Umständen zu suchen ist. Die bisherigen Ergebnisse lassen ein endliches Gelingen doch wahrscheinlich erscheinen.

Das Resultat der Versuche ist jedoch im Allgemeinen als ein positives zu bezeichnen, indem die Erzeugung des Stadiums A, bei

welchem das Mycelium des Pilzes in den Gefäſsen ſich findet, durch künſtliche Infection geſunder Kartoffelſproſſe mit den Conidien von Vert. albo-atrum vollſtändig gelungen iſt.

Zu dieſem Behufe wurden Stengel geſunder Pflanzen mit dem Scalpell eine kleine Strecke weit der Länge nach aufgeſpalten und der Schnitt ſo geführt, daſs gerade ein Gefäſsbündel getroffen war. In die Wunde wurden dann reine Conidien hineingebracht, welche von Stengeln ſtammten, die die Form A der Krankheit gezeigt hatten. Die Oeffnung wurde darauf zur Abhaltung fremder Pilzſporen und um die Austrocknung zu verhüten mit einer Compreſſe umwunden. Nach 4—6 Wochen kam ein Theil der geimpften Stengel zur Unterſuchung. Bei denjenigen, wo der Schnitte in Gefäſsbündel wirklich durchſchnitten hatte, war die Infection gelungen, alle Gefäſse zeigten ſich mit Mycel erfüllt, theilweiſe bis zur Spitze des Stengels hinauf. Letzterer, ſowie auch die Blattſtiele waren nicht brüchig, beim Welken wurden die Blättchen gelb und zeigten keine ſchwarzen Flecken. Diejenigen Stengel, bei denen durch den Schnitt kein Gefäſsbündel geöffnet worden war, blieben geſund; die Conidien hatten jedoch gekeimt, das Mycel ſich aber nur in den freigelegten und abgetödteten Parenchymzellen ausgebreitet und einzelne kleine Conidienträger erzeugt. Das tiefer liegende Gewebe war durch eine Korkſchicht geſchützt. Stengel, welche nach erfolgreicher Impfung zeitiger unterſucht wurden, zeigten, daſs von der Impfungsſtelle aus das Mycel zunächſt in dem einen Gefäſsbündel auf- und abwärts wächſt, an den beiderſeits mit dieſem Gefäſsbündel in Communication ſtehenden Blattknoten tritt es dann auch auf andere Gefäſsbündel des Stengels über. Die allmählich vertrocknenden Stengel ſchwärzten ſich von dem Mycel ſpäter ebenſo, wie die im Freien gefundenen kranken Exemplare, in jeder Hinſicht erwies ſich das Mycel als vollkommen identiſch mit dem in ſpontan erkrankten Individuen auftretenden.

Es könnte auffallen, daſs an den Blättern der künſtlich inficirten Stengel beim Welken keine braunen Flecken auftraten. Vielleicht verhalten ſich in dieſer Hinſicht verſchiedene Varietäten verſchieden;

die zu den Verfuchen gebrauchten Knollen waren leider vorher nicht beftimmt worden. Es ift aber fehr wahrfcheinlich, dafs das Fleckigwerden der Blätter eben nicht charakteriftifch ift für die reine Form A der Kräufelkrankheit, denn wie wir auch früher gefehen haben, treten diefe Flecken an den kranken Exemplaren keineswegs conftant auf, und wo fie vorhanden, treten fie meift nur wenig hervor. Umfaffendere Verfuche müffen hierüber entfcheiden, fowie auch darüber noch Gewifsheit verfchaffen, ob auch die *künftlich* inficirten Pflanzen kräufelkranke Brutknollen erzeugen, was allerdings nicht zu bezweifeln ift. Die zu den Impfungsverfuchen verwendeten Exemplare waren in Töpfen gezogen und brachten nur winzige Knollen hervor, in denen ebenfo wenig wie in den Brutträgern Mycel gefunden wurde.

Da wir wiffen, dafs aus der Form A der Kräufelkrankheit in zweiter Generation die Form C hervorgeht, fo ift mit den angeführten Verfuchen die Bedeutung von Vert. albo- atrum als Urfache und Erzeuger der Krankheit bewiefen. Wenn es bisher nicht gelang, auch den Typus B künftlich hervorzurufen, fo liegt es unzweifelhaft an der ungenügenden Form der Verfuche, und wird fich auch dies realifiren laffen. Folgender Verfuch giebt bereits eine Andeutung für das Gelingen folcher Impfungen: Gefunde Knollen wurden in ftark mit Conidien von Verticillium inficirte Erde eingefetzt und zum Treiben gebracht. Bei der Unterfuchung nach längerer Cultur zeigten fich zahlreiche Wurzeln auf gröfsere und geringere Strecken gebräunt und mit Mycel durchwachfen, während zur Controle in diefelbe aber nicht inficirte Erde ausgefetzte Knollen vollkommen unverfehrte Wurzeln befafsen. Sehr wahrfcheinlich wird diefe Methode bei Anwendung von der Kräufelkrankheit unterworfenen Sorten und bei hinreichend frühzeitigem Ausfetzen leicht zum Ziele führen.

Aufser den erwähnten wurden noch Verfuche gemacht, das Eindringen des Verticillium in einzelne gefunde Wurzeln unmittelbar zu konftatiren. Ausfaat von reinen Conidien auf die Wurzeln in feuchter Atmofphäre blieb erfolglos, da die Conidien nicht keimten. Als jedoch Stücke von mit Mycel behafteten Stengeln und kleinere Mycelpartien

mit gefunden Wurzeln in Berührung gebracht wurden, gelang die Infection mehrere Male, befonders ein Fall war evident: Auf eine gefunde ca. 5 *cm* lange, frei im feuchten Raum wachfende Wurzel wurde in der Nähe der Spitze eine kleine Mycelpartie aufgelegt. Nach zwei Tagen fing die Spitze der Wurzel an fich aufwärts zu krümmen, am vierten Tage bildete fie mit der früheren Richtung einen rechten Winkel. Bei der Unterfuchung an diefem Tage zeigte fich, dafs das Mycel, wo es aufgelegt worden, reichlich in die Epidermiszellen eingedrungen war und fich in einem kleinen, elliptifchen, bräunlichen Fleck verbreitet hatte, der an der Stelle der ftärkften Krümmung lag. Die Mycelfäden fanden fich in den drei oberen Zellfchichten. Es geht hieraus hervor, dafs der Pilz durch die unverletzte Epidermis in das Innere der Wurzeln einzudringen vermag.

Wie haben wir uns nun den Krankheitsverlauf im Einzelnen zu denken, und wie erfolgt unter normalen Umftänden im Freien die Infection? Unzweifelhaft wird in der letzten Krankheitsform C das Mycel beim Austreiben von der Knollenoberfläche auf die jungen Stengel übertragen. Hier breitet es fich langfam in der Rinde aus und befällt die nächftftehenden Wurzeln, zuerft die äufserften Schichten derfelben abtödtend. Ift fo nur an einer kurzen Stelle die ganze Rindenfchicht rund um den axilen Gefäfsftrang zerftört, fo wird natürlich der ganze übrige Theil der Wurzel von hier bis zur Spitze bald aus Nahrungsmangel abfterben müffen. In dem todten Gewebe verbreitet fich dann der Pilz rafch der ganzen Länge nach. Wo das kranke Gewebe im Boden mit einer gefunden Wurzel in Berührung kommt, was bei den zahlreichen Veräftelungen derfelben jedenfalls nicht felten ftattfindet, wird auch diefe leicht inficirt werden können. So erklärt fich das häufige Auftreten ifolirt erkrankter Partien an den Wurzeln befallener Stauden.

Von folchen neuen Infectionsftellen aus wird wieder ein grofser Theil der Wurzel abgetödtet werden, gegen den Stamm zu wird das Mycel jedoch langfamer vordringen, da es hier fortwährend mit gefundem Gewebe zu kämpfen hat. Der Befund bei der Unterfuchung kranker

Pflanzen fteht mit diefer Verbreitungsart des Pilzes in dem Wurzelgewebe in Einklang. —

Dafs von kranken Stauden ftammende Knollen zuweilen gar nicht treiben, könnte zweierlei Urfache haben. Entweder können die Augen fchon vor dem Austreiben von dem Pilzmycel abgetödtet fein, oder diefe Knollen find wegen zu ungenügender Reife nicht lebenskräftig genug, um überhaupt fich noch weiter entwickeln zu können. Letzteres erfcheint als das wahrfcheinlichere, es erklärt die Verfpätung des Austreibens aller kranken Knollen.

Jedenfalls wird in diefer Thatfache, fowie in dem rafchen Zugrundegehen der austreibenden Sproffe der zweiten Generation eine Schwächung der Organifation zu erblicken fein, welche der Kartoffelftock in der erften Generation der Kräufelkrankheit erfahren hat. Der Umftand ferner, dafs in den Stadien B und C das Mycelium des Pilzes auf die unterirdifche Bafis der Stengel befchränkt bleibt, ift ein beredtes Zeugnifs dafür, dafs lokalifirte Pilzwucherungen Stockungen der Säfte und Beeinträchtigung der Zellenthätigkeit in entlegenen, vom Pilze direkt nicht berührten Theilen einer Pflanze hervorbringen können. Ebenfo ergiebt fich aus dem Vergleich der Typen A mit B und C, wo das eine Mal der Pilz die Gefäfse, das andere Mal das Rindenparenchym durchwuchert, dafs der Ort des Vorkommens eines parafitifchen Pilzes den Habitus einer erkrankten Pflanze zu bedingen vermag.

Ob die Form B der Krankheit nur durch direkte Infection der Wurzeln und der Stengeloberfläche von aufsen entfteht, oder ob auch hier ein Eindringen des Mycels in Stengel und Wurzeln von der Knollenoberfläche her ftattfinden kann, ift nicht entfchieden, denkbar find beide Fälle. Nach den bisherigen Erfahrungen gehört die Form B aber zur erften Generation der Krankheit.

Bei der Form A endlich ift von vornherein eine Annahme, nämlich die, dafs das Mycel von der Oberfläche des unterirdifchen Stengeltheils in die Gefäfse eindringe, ausgefchloffen, weil fich die Rinde der betreffenden Stengel als pilzfrei erweift. Näherliegend wäre die

Infection von den Gefäfsbündeln angegriffener Wurzeln aus, aber dies mufs darum für unwahrfcheinlich erklärt werden, weil im frühen Stadium der Form A die Wurzeln noch gefund find. Wie würde es fich in diefem Falle ferner erklären, dafs wir Stengel finden, wie bei der Form B der Krankheit, welche zahlreiche verletzte Wurzeln aufweifen, ohne dafs die Gefäfse nur eine Spur von Mycel zeigten. Darum fcheint nur ein Weg für das Eindringen des Pilzes bei der Form A übrig zu bleiben, nämlich der von dem Innern der Mutterkartoffel her. Nun zeigen aber die gemachten Verfuche unwiderleglich, dafs ein Eindringen des Pilzes in das Innere der gefunden Knolle nicht ftattfindet*) weil jede Wunde auch bei Vorhandenfein von Vert. albo-atrum bald durch eine Korkfchicht gefchloffen wird. Ein Eindringen in die Gewebe der Mutterknolle wird alfo jedenfalls erft beim Abfterben derfelben oder kurz vorher ftattfinden können. Da fich der Pilz als eminenter Saprophyt, wie wir ihn trotz feines zeitweiligen Parafitismus kennen gelernt haben, im faulenden Gewebe fehr rafch verbreitet, fo wird er noch vor dem gänzlichen Zugrundegehen der Knolle bis zu den Anfatzftellen der Stengel gelangen und hier einen offenen Weg in die Gefäfse finden. Die Zeit des erften Auftretens der Krankheitsform A von Mitte Juli an ftimmt mit diefer Annahme gut überein, denn um diefe Zeit pflegen die Mutterknollen gerade zu verfchwinden.

Wir fahen früher, dafs Combinationen der Typen A und B an einem Individuum vorkommen, und in der That fcheint ein folches Zufammentreffen nach dem zuletzt Gefagten ganz naturgemäfs. An einem Stengel, der die Form B zeigt, wird beim Faulen der Knolle der Pilz auch von unten her in die Gefäfse eindringen können. Weil der Stengel jedoch zu früh abftirbt, gelangt er nicht bis zur Spitze

---

*) Abgefehen natürlich von den Brutknollen kranker Pflanzen, wo, wie wir gefehen, zuweilen der Pilz ziemlich weit in die Gefäfse eindringt. Dies ift für den vorliegenden Fall ohne Bedeutung, da ja diefe Knollen die Form C erzeugen.

Die in der Cultur an ihnen gemachten Erfahrungen beweisen, wie fchon oben angeführt, dafs das Mycel in den Gefäfsen nur äufserft geringe Fortfchritte macht.

hinauf. Umgekehrt wird auch bei der Form A ein Uebertreten aus der abgeftorbenen Knolle auf die Oberfläche des Stengels und auf die Wurzeln keine Schwierigkeiten bieten.

Auch die Frage mufs hier ihre Erörterung finden, ob die Kräufelkrankheit als anfteckend aufzufaffen ift oder nicht. Aus der Erfahrung wiffen wir, dafs fie vereinzelt zwifchen gefunden Stauden auftritt. Man könnte daraus die Vermuthung herleiten, dafs fie nicht anfteckend wäre. In dem Vorhergehenden wurde jedoch die Infection von Wurzel zu Wurzel als wahrfcheinlich und häufig vorkommend angenommen, woraus fich gerade das Gegentheil ergeben würde. Eine Infection der Wurzeln einer gefunden Staude durch diejenigen einer benachbarten kranken ift unzweifelhaft möglich und mufs erfolgen, vorausgefetzt. dafs eine Berührung zwifchen den beiderfeitigen Wurzeln ftatthat. Nun werden aber die Kartoffelknollen fo weit von einander entfernt ausgelegt, dafs eine Berührung der Wurzeln verfchiedener Stauden doch weniger häufig fein wird, als man denken könnte, ferner wird aber, wenn wirklich eine Infection eintritt, diefe nur an vom Stengel entfernteren Stellen ftatthaben und fo eine direkte Gefahr für die Pflanze noch nicht herbeizuführen brauchen. Anders verhält es fich jedoch mit den verfchiedenen Stengeln ein und derfelben Staude; diefe ftehen dicht neben einander, ihr Wurzelfyftem ift dicht verflochten und die Wahrfcheinlichkeit, dafs einer verfchont bleibe, ift fehr gering.

Faffen wir die Ergebniffe der letzten Betrachtungen zufammen, fo würde die Infection einer gefunden Kartoffelpflanze durch Vert. albo-atrum unter allen Umftänden nach der Ausfaat im Acker vor fich gehen. Die Conidien fowohl wie die Sclerotien des Pilzes können in der Ackererde vorhanden fein, in welche bei der Ausfaat die Kartoffel hineingelegt wird, fie keimen an der Oberfläche der Knollen und der hervorbrechenden Wurzeln und dringen in die letzteren ein. Je nachdem fich der Pilz den Eintritt in die Rinde bahnt oder in die Gefäfse des Kartoffelftengels, erzeugt er den Typus B oder A der Kräufelkrankheit.

Die Verbreitung des Pilzes in der Ackerkrume wird ausgehen

vor Allem von vorhandenen Reften der abgeftorbenen Stengel und Wurzeln kräufelkranker Stauden. Die modernden Gewebe derartiger Rückftände einer vorjährigen Kartoffelpflanzung bieten den Conidien wie den Sclerotien von Vert. atro-album den günftigften Boden für Keimung und Weiterentwicklung. Die Gefahr für eine ausgepflanzte Kartoffel ift drohend, wenn ihre unterirdifchen Theile mit derartigen Reften in Berührung kommen.

Für eine allgemeinere Verbreitung des Pilzes fpricht noch die Thatfache, dafs auch hier und da an übrigens gefunden Pflanzen braune Flecken fowohl an den Wurzeln, wie an den unterirdifchen Theilen der Stengel zur Beobachtung gelangen. Obgleich in diefen Flecken fich ein dem von Verticillium in jeder Beziehung gleichendes Mycel nachweifen liefs, fo waren doch keine Symptome der Kräufelkrankheit an den Stengeln der Pflanzen fichtbar. Der Grund dafür wird zum Theil in der noch geringen Ausbreitung der Flecken, bei vielen Racen in der gröfseren Widerftandsfähigkeit gegen den Pilz zu fuchen fein, da ja bekanntlich nur einzelne Racen der Krankheit unterworfen find*).

Die angeführten Thatfachen werden uns leiten müffen, wenn wir nach Methoden fuchen, um der Kräufelkrankheit vorzubeugen.

Wie bei anderen Pflanzenkrankheiten, fo werden wir auch hier nicht Zeit und Mühe verfchwenden, einen einmal erkrankten Stock retten zu wollen. Abgefehen davon, dafs derartige Bemühungen vorausfichtlich erfolglos fein dürften, würde ihr praktifcher Werth ein zu geringer fein. Demnach werden wir unfer Hauptaugenmerk auf *Präventivmafsregeln* concentriren. Der Verlauf der Krankheit, wie

---

*) In BIEDERMANN's Centralblatt Bd. IX. 1876 S. 64 werden folgende Racen namentlich aufgeführt: 1) *Early Rofe*, 2) *Sebec*-Kartoffel, 3) Late Rofe, 4) Early Cottage, 5) Blafsrothe Niere von Sölmnitz, 6) Luxemburger weifse runde Kartoffel, 7) Early Vermont, 8) Brefees Peerless, 9) Hundredfold Feuck, 10) Frühefte rothe 6 Wochen Kartoffel, 11) Calico.

An den beiden zuerft aufgeführten, curfiv gedruckten Racen wurde die Krankheit auch von uns beobachtet, aufserdem aber noch an der Race «Rothe Amerikaner».

er oben geschildert, zeigt uns folgende Wege, um eine epidemische Ausbreitung der Krankheit zu verhüten:

Erstens mufs Sorge getragen werden für reines Saatgut. Dies wird am sichersten erreicht, wenn man bereits im Sommer auf Kartoffeläckern, wo Saatkartoffeln gebaut werden, alle diejenigen Stauden frühzeitig herausnimmt, welche Spuren der Kräuselkrankheit zu erkennen geben. Die von diesen Pflanzen angesetzten Knollen werden sich gekocht als Viehfutter verwenden lassen. Ist aber auf einem Acker das Kraut bereits durchgängig abgetrocknet, so wird das Erkennen kräuselkranker Knollen unmöglich sein.

Zweitens hat man darauf zu sehen, dafs die Ackererde, in welche Kartoffeln ausgepflanzt werden sollen möglichst frei sei von Conidien und Sclerotien des Verticillium. Es kann dies angestrebt werden dadurch, dafs man im Herbste die trockenen Stengel und andere Reste der Vegetationsorgane von Kartoffeln, deren Knollen bereits geerntet, sind durch Verbrennen zerstört. Die dann noch im Boden steckenden Theile, abgestorbene Wurzeln und dergleichen, werden hierbei immer noch als Heerde einer saprophytischen Wucherung des Pilzes die Verbreitung desselben befördern können. Da aber Vert. atro-album, wenn es auch von anderen organischen Resten sich zu ernähren vermag, dennoch unzweifelhaft ein zur Kartoffelpflanze spezifisch zugehöriger Pilz ist, so wird man der Infection einer frischen Aussaat durch den Ackerboden dadurch begegnen können, dafs man den Anbau von Kartoffeln auf demselben Areal eine Reihe von Jahren hindurch unterläfst.

Endlich mag noch hervorgehoben sein, dafs auch die Ansteckung gesunder Knollen durch kräuselkranke nicht ganz ausgeschlossen erscheint, sobald sich dem Pilze durch Feuchtigkeitsverhältnisse u. s. w. günstige Vegetationsbedingungen darbieten. In wie weit solche Verbreitung des Pilzes von kranken Knollen auf gesunde thatsächlich vorkommt, und welche Bedingungen dieselbe begünstigen, mufs speziell darauf gerichteten Untersuchungen überlassen bleiben. —

Zum Schlusse bedürfen noch die Widersprüche, welche zwischen

der von uns vertretenen Darlegung des Wefens und der Urfachen der Kräufelkrankheit und der von HALLIER, dem neueften Monographen der Kräufelkrankheit, gegebenen einer kurzen Beleuchtung.

Wir ftimmen, wie bereits andeutungsweife hervorgehoben wurde, mit HALLIER darin überein, dafs die Kräufelkrankheit auf zwei vegetative Generationen der Kartoffelpflanze fich vertheilt, dafs fie von der erften auf die zweite fich vererbt und mit der zweiten Generation ausftirbt, weil diefe keine neuen Knollen zu erzeugen vermag. Während jedoch HALLIER den Nachweis führte, dafs in der erften Generation der Krankheit ein Mycelium in den Gefäfsen auftritt, fo vermiffen wir doch fchon bei ihm die Unterfcheidung des von uns als Typus B bezeichneten Zuftandes der erften Generation. Auch in der zweiten Generation ift HALLIER das conftante Vorkommen des Pilzmyceliums in der Rinde des unterften Stengelgliedes entgangen.

Auf das entfchiedenfte müffen wir aber beftreiten, dafs der in den Geweben der kräufelkranken Pflanzen vorkommende Pilz identifch fei mit einer Art der Gattung Pleospora, wie HALLIER es darftellt. Wenn auch unzweifelhaft noch andere Fruchtformen als die von uns allein beobachteten Conidienträger in den Kreis der Entwickelung des Verticillium gehören, fo ift doch nach allem, was wir über die Fortpflanzungsorgane von Pleospora wiffen, eine Zugehörigkeit unferes Pilzes zu diefer Gattung durchaus unwahrfcheinlich, vermuthlich werden die eventuell zu beobachtenden Perithecien ihn in die Gruppe der Nectriaceen verweifen.

Die eigenen Darftellungen HALLIER'S geben uns Anhaltspunkte dafür, wie derfelbe dazu gelangte, das im Stengel kräufelkranker Kartoffeln gefundene Mycelium für das einer Pleospora zu erklären.

Zunächft hat HALLIER unzweifelhaft auch die fchwarzbraunen Dauermycelien des Verticillium beobachtet und theilweife mit Pleospora-Conidien verwechfelt (man vergleiche feine Fig. 5 u. 8 auf Taf. II, fowie 1 u. 3 auf Taf. III).

Sodann finden fich die Gebilde, welche er, freilich ohne den Beweis dafür zu erbringen, für Pycniden von Pleospora polytricha

erklärt, überaus häufig auf abgeſtorbenen Kartoffeltheilen, aber keineswegs ausſchlieſslich auf den Stengeln kräuſelkranker Stöcke, ſondern ebenſo verbreitet auf Pflanzen, welche von der Krankheit völlig verſchont geblieben waren. Wir haben übrigens häufig kräuſelkranke Stengel, vor Zutritt fremder Sporen geſchützt, cultivirt, auf denen keine Spur von ihnen auftrat.

Wir haben die von HALLIER als Pleospora-Pycniden gedeuteten Gebilde vielfach beobachtet, allein es blieb uns ſehr zweifelhaft, ob dieſelben zu einer Pleospora gehören können. Auch zeigten ſich die ſchwarzbraunen halbkugligen Polſter, welche mit den ſpitzen Appendices bedeckt ſind, im Innern von einem ſoliden, mit Reſerveſtoffen dicht erfüllten Pſeudoparenchym gebildet, ſo daſs auch die Bezeichnung «Pycniden» noch keineswegs zutreffend erſcheint. Man wird ſie Stromata oder gar Sclerotien nennen müſſen.

Die Entſtehung dieſer Stromata und die zugehörigen Conidien haben wir übrigens beobachtet. Das beſonders im Alter ziemlich dicke Mycel durchſetzt das Gewebe abgeſtorbener Kartoffeltheile, einzelne ſich ſtark verzweigende Aeſte treten an die Oberfläche, indem ſie die Epidermis durchbrechen. Hier bilden ſie zuerſt ein kleines, wenig hervorragendes Polſter, auf dem die Conidien abgeſchnürt werden. Dieſelben ſind ſtäbchenförmig, farblos, ca. 16 Mik. lang und 5 Mik. breit, (vgl. Taf. IX, Fig. 12a, 14, 15) von einer zarten Membran bekleidet, im Anfang einzellig mit einer groſsen Vacuole in der Mitte. Beim Beginn der Keimung, welche im Waſſertropfen auf dem Objectträger beobachtet wurde (vgl. Taf. IX, Fig. 12b, 13) entſtehen zwei deutliche Vacuolen, und es tritt in der Mitte eine Scheidewand auf. Jede der ſo entſtandenen Zellen vermag einen Keimſchlauch auszutreiben, welcher ſich ſeptirt, und deſſen Terminalzelle wir ſchlieſslich anſchwellen und ſich in eine derbwandige, ſchwarzbraune Dauerzelle verwandeln ſahen. Dieſe Dauerzelle vermag durch Theilung in ein vielzelliges Sclerotium überzugehen.

Schon beim erſten Hervorbrechen der jungen Polſter zeigt ſich meiſt in ihrer Mitte ein derbwandiges, braunes, gegliedertes Haar,

die Fortfetzung meift des centralen der Myceliumäfte (vgl. Taf. IX, Fig. 14). Indem durch die durchbrochene Stelle der Epidermis fich immer mehr Verzweigungen des Pilzes emporfchieben, wächft ein Theil der Aefte zu weiteren Haaren aus, den Appendices von HALLIER, während die übrigen Aefte mit einander feft verwachfen das pfeudo-parenchymatifche Stroma bilden (Fig. 15). Später erlifcht die Conidienbildung, und nach einiger Zeit, während welcher die Gröfsenzunahme fortdauert, haben wir die halbkugligen, fchwarzen, mit leicht abbrechenden Haaren bedeckten Körper. Die Weiterentwicklung derfelben blieb unermittelt. Wollen wir diefen zuletzt erwähnten Pilz einem der für Conidienträger und Stromata gebildeten Formgenera zutheilen, fo würde hierfür wohl nur die Gattung Periola von FRIES als einigermafsen zutreffend erfcheinen.

Nachträglicher Zufatz. Einzelne, im Februar 1879 in Töpfen austreibende Knollen, die von Kartoffelftauden ftammten, welche die Symptome des Typus A der Kräufelkrankheit nur in geringem Grade gezeigt hatten, lieferten Sproffe, die fogleich mit dem Charakter des Typus B behaftet waren, fo dafs diefer letztere alfo auch in zweiter Generation zu entftehen vermag. Weil diefe Pflanzen gut ausgebildete Blätter befafsen, haben fie auch ziemlich grofse, ficher triebfähige Knollen angefetzt, mittelft deren hier die Krankheit fich auf *drei* Generationen erftrecken wird. Danach find die Typen B und C nur gradweis verfchieden, mit C mufs die kranke Generationsreihe ausfterben, weil die Blätter nicht zu affimiliren und daher keine neuen Referveftoffe zu bilden vermögen.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. I. *Hypomyces Solani.*

Fig. 1. Verfchiedene Formen reifer Microconidien (380/1).

Fig. 2. Bildung der Microconidien auf unverzweigtem Träger. a) Mycelfaden, b) abgefchnürte Microconidien; c) Anaftomofen des Mycels; d) Conidienträger, bei s das als Scheitelzelle des Conidienträgers fungirende Sterigma (380/1).

Fig. 3. Keimende Microconidie mit verzweigtem Mycel (380/1).

Fig. 4. Keimende Microconidie, wo die Keimfchläuche Strahlen zweiter Ordnung an der Sporenaxe darftellen (540/1).

Fig. 5. 6. Verzweigte Conidienträger (380/1).

Fig. 7. Spitze eines wachfenden Coremiums, welches bei c) Microconidien erzeugt (380/1).

Fig. 8. Entftehung von Macroconidien an zwei parallel wachfenden Hyphen eines Coremiums, die durch mehrere Commiffuren mit einander in Verbindung ftehen (660/1).

Fig. 9. Zwei reife Macroconidien, die eine glatt, die andere warzig (940/1).

Fig. 10. 11. Macroconidien auf kurzen Stielen aus einer Microconidie entftehend (540/1).

Fig. 12. Keimung von Macroconidien (540/1).

Fig. 13. Entwicklung des Myceliums aus einer Macroconidie (660/1).

Taf. II. *Hypomyces Solani.*

Fig. 1. Entftehung von Microconidien an einem aus einer Macroconidie hervorgewachfenen Keimfaden; um Raum zu erfparen, ward ein Theil des Fadens ausgelaffen (660/1).

Fig. 2. Ein Haufe von Perithecien verfchiedenen Alters, einer faulenden Kartoffel auffitzend. (Schwach vergröfsert.)

Fig. 3. Ein einzelnes Perithecium (70/1).

Fig. 4. Längsfchnitt durch den Hals eines Peritheciums, w Wand, f Fäden (380/1).

Fig. 5. Zwei Fäden, ifolirt (940/1).

Fig. 6. Schläuche verfchiedenen Alters (380/1).

Fig. 7. Schlauchfporen (660/1).

Fig. 8. Muthmafsliche jüngfte Anlage eines Peritheciums (940/1).

Fig. 9. 10. Weitere Entwicklungsftufen der Peritheciums (940/1).

Fig. 11. Durchfchnitt durch eine noch ältere Entwicklungsftufe eines Peritheciums. Die Zellwände des parenchymatifchen Gewebes des Kerns find in der Auflöfung begriffen (660/1).

Fig. 12. Keimende Schlauchfpore (660/1).



Fig. 13. Bildung einer Macroconidie von dem aus einer Schlauchfpore hervor gewachfenen Mycelium (660/1).

Fig. 14. Zufammenhang eines Microconidien-Trägers mit einer Schlauchfpore; die letztere bei a (380/1).

Taf. III. *Nectria Solani.*

Fig. 1. Reife normale Conidien (720/1).
Fig. 2. Desgleichen (660/1).
Fig. 3. Längliche Conidien, vom Träger abgefchnürt (660/1).
Fig. 4. Keimende Conidien (660/1).
Fig. 5. Weiteres Stadium der Keimung; bei c die Conidie (660/1).
Fig. 6. Jüngfte Anlangen von Conidienträgern von einem Myceliumfaden (540/1).
Fig. 7. Ein gröfserer Conidienträger (660/1).
Fig. 8. Verzweigte Conidienträger mit kurzem Podium (660/1).
Fig. 9. Kugelförmig zufammengeballte Conidien von den einen Ebenftraufs bildenden Sterigmen eines verzweigten Trägers abgefchnürt (720/1).
Fig. 10. Stroma mit Perithecien (fchwach vergröfsert).
Fig. 11. Junge Schläuche (660/1).
Fig. 12 a b. Aeltere Schläuche (660/1).
Fig. 13. Reife Schlauchfporen (660/1).
Fig. 14. 15. Keimende Schlauchfporen (660/1).
Fig. 16. Direkte Entwicklung eines Conidienträgers aus einer Schlauchfpore (380/1).

Taf. IV, Fig. 1 bis 8. *Chaetomium crispatum.*

Fig. 1. Spiralhaar des reifen Peritheciums (380/1).
Fig. 2. Schläuche (540/1).
Fig. 3. Drei unreife und eine reife Schlauchfpore (540/1).
Fig. 4. Aus einer Schlauchfpore tritt ein Keimbläschen hervor (540/1).
Fig. 5. 6. Weitere Keimungs-Stadien (540/1).
Fig. 7 a b. Corrofion an Stärkekörnern der Kartoffel durch Hauftorien-artige Aefte des Myceliums (540/1).
Fig. 8. Bildung von Conidienträgern (540/1).

Fig. 9 bis 18. *Chaetomium bostrychodes.*

Fig. 9. Ein reifes Perithecium (150/1).
Fig. 10. Spiralhaar des reifen Peritheciums (250/1).
Fig. 11. Schläuche (380/1).
Fig. 12. Schlauchfporen (660/1).
Fig. 13. 14. Keimung der Schlauchfporen (660/1).
Fig. 15. Quer-Commiffuren zwifchen verfchiedenen Myceliumfäden (540/1).
Fig. 16 a b. Modification von Mycelium-Aeften in concentrirterer Nährlöfung (660/1).
Fig. 17. Zerfall eines ähnlichen Myceliumfadens (540/1).
Fig. 18. Ein junges Perithecium (150/1).

Taf. V. *Stysanus Stemonitis.*

Fig. 1. Gruppe von Fruchtkörpern, bei a das Hymenium noch nicht gebildet (fchwach vergröfsert).

Fig. 2. Ein fehr kleiner Fruchtkörper (660/1).
Fig. 3. Microconidien (660/1).
Fig. 4. Keimende Micronidien (660/1).
Fig. 5. Weiter vorgefchrittene Keimung (660/1).
Fig. 6. Blafenförmige Auftreibungen am Mycelium (660/1).
Fig. 7 a b. Einfache Conidienträger (660/1).
Fig. 8 a b c. Bildung der Macroconidien (660/1).
Fig. 9. Abgefallene Macroconidien (660/1).
Fig. 10. Junger Fruchtkörper (660/1).
Fig. 11. Desgleichen, weiter entwickelt (660/1).
Fig. 12. Desgleichen, noch älter (660/1).

Taf. VI. Fig. 1 bis 11. *Stysanus capitatus.* Fig. 12 bis 14. *Pistillaria pusilla*

Fig. 1. Fruchtkörper von Stysanus capitatus (fchwach vergröfsert).
Fig. 2. Desgleichen gefpalten.
Fig. 3. Conidien (660/1).
Fig. 4. Keimende Conidien, die in Verbindung treten (660/1).
Fig. 5. Keimende Conidien (660/1).
Fig. 6. Myceliumfaden mit Rhizoid-Aeften (940/1).
Fig. 7. Anfchwellung einzelner Zellen am Mycelium (660/1).
Fig. 8 a b. Einfache Conidienträger (660/1).
Fig. 9 a b. Etwas ältere Conidienträger (660/1).
Fig. 10 a b. Jüngfte Anlagen von Fruchtkörpern am Mycelium (400/1).
Fig. 11. Junger Fruchtkörper (400/1).
Fig. 12. Fruchtkörper von Pistillaria (fchwach vergröfsert).
Fig. 13. Fortwachfende Spitze eines Fruchtkörpers und Entwicklung der Bafidien (540/1).
Fig. 14. Sporen tragende Bafidie (540/1).

Taf. VII, Fig. 1 bis 6. *Verticillium cinnabarinum.*

Fig. 1. Kleiner Conidienträger (540/1).
Fig. 2. Kugelig zufammengeballte Conidien auf der Spitze eines tragendes Aftes (660/1).
Fig. 3 a. Reife Conidien (940/1).
Fig. 3 b. Conidien aufgequollen und keimend (940/1).
Fig. 4. Junges Keimpflänzchen (660/1).
Fig. 5. Junger Conidienträger (660/1).
Fig. 6. Erfte Verzweigung eines jungen Conidienträgers (540/1).

Fig. 7 bis 14. Bacterien und deren Zerftörungs-Produkte.

Fig. 7. Durchfchnitt durch die nafsfaule Beule einer übrigens gefunden, aber mit Bacterien haltender Flüffigkeit geimpften Kartoffelknolle. a bezeichnet das gefunde Gewebe der Knolle. k die trennende Korkfchicht; b das von den Bacterien in nafsfaulen Brei verwandelte Gewebe. Der helle dreifeitige Einfchnitt bezeichnet die Gröfse der herausgefchnittenen Pyramide (natürliche Gröfse).

Fig. 8. Anfang der Corrofion eines Stärkekorns in einer nafsfaulen Kartoffel (440/1).

Fig. 9 a b c. Corrofion und Auflöfung von Stärkekörnern aus einer nafsfaulen Kartoffel (380/1).

Fig. 10. Bacterium Navicula (940/1).
Fig. 11. Bacillus subtilis (940/1).
Fig. 12 a b. Bacillus subtilis im Zuftande der Vergallertung (940/1).
Fig. 13. Sarcina Solani; bei a zwei Täfelchen in der Seitenanficht (940/1).
Fig. 14 a b. Zoogloea-Form an der Oberfläche einer faulen Kartoffel.

Taf. VIII. *Verticillium albo-atrum.*

Fig. 1. Unterirdifcher Stengeltheil einer kranken Kartoffelpflanze, Form C; die bräunlichen Flecke der Rinde find dicht vom Mycelium erfüllt (natürliche Gröfse).

Fig. 2. Parenchymzelle der Rinde mit dem Mycel von Verticillium albo-atrum und den fehr feinen Mycelfäden, welche nicht felten accefforifch auftreten. Form C (380/1).

Fig. 3. Mycel von V. albo-atrum in den Stengelgefäfsen; bei a Abfchnürung einer Conidie. Form A (380/1).

Fig. 4. Conidienträger von V. albo-atrum. Form C (380/1).

Fig. 5. Theil einer Baftzelle mit Mycel von V. atro-album, die Wandung an einzelnen Stellen durchbohrt. Form A (660/1).

Fig. 6. Junger Conidienträger. Form A (380/1).

Fig. 7. Conidienträger mittlerer Gröfse aus einem Haar des Kartoffelftengels hervortretend. Form A (380/1).

Fig. 8. Aeltere Conidienträger, deren untere Zellen braun geworden find und zum Theil neue Septa gebildet haben. Form A (280/1).

Taf. IX, Fig. 1 bis 11. *Verticillium albo-atrum.* Fig. 12 bis 15. *Periola spec.*

Fig. 1. V. atro-album, Bildung des Dauermycels in den Zellen des faulenden Stengels Form A (380/1).

Fig. 2 u. 3. Keimende Dauerzellen (660/1).

Fig. 4. Reife Conidien von V. atro-album von Form B und C (940/1).

Fig. 5. Ebenfolche von Form A (940/1)

Fig. 6 und 7. Keimende Conidien von Form C (940/1).

Fig. 8. Entftehung eines Zwergconidienträgers direkt aus der Conidie (940/1).

Fig. 9. Keimende Conidien. Form A (940/1).

Fig. 10. Aeltere Keimungsftadien. Form A (660/1).

Fig. 11. Bildung von Conidien auf kurzen Seitenzweiglein an einem älteren Mycelfaden aus einem braunen Fleck des unterirdifchen Stengeltheils. Form C (940/1).

Fig. 12. a reife Conidie von Periola, b drei andere in den erften Keimungsftadien (940/1).

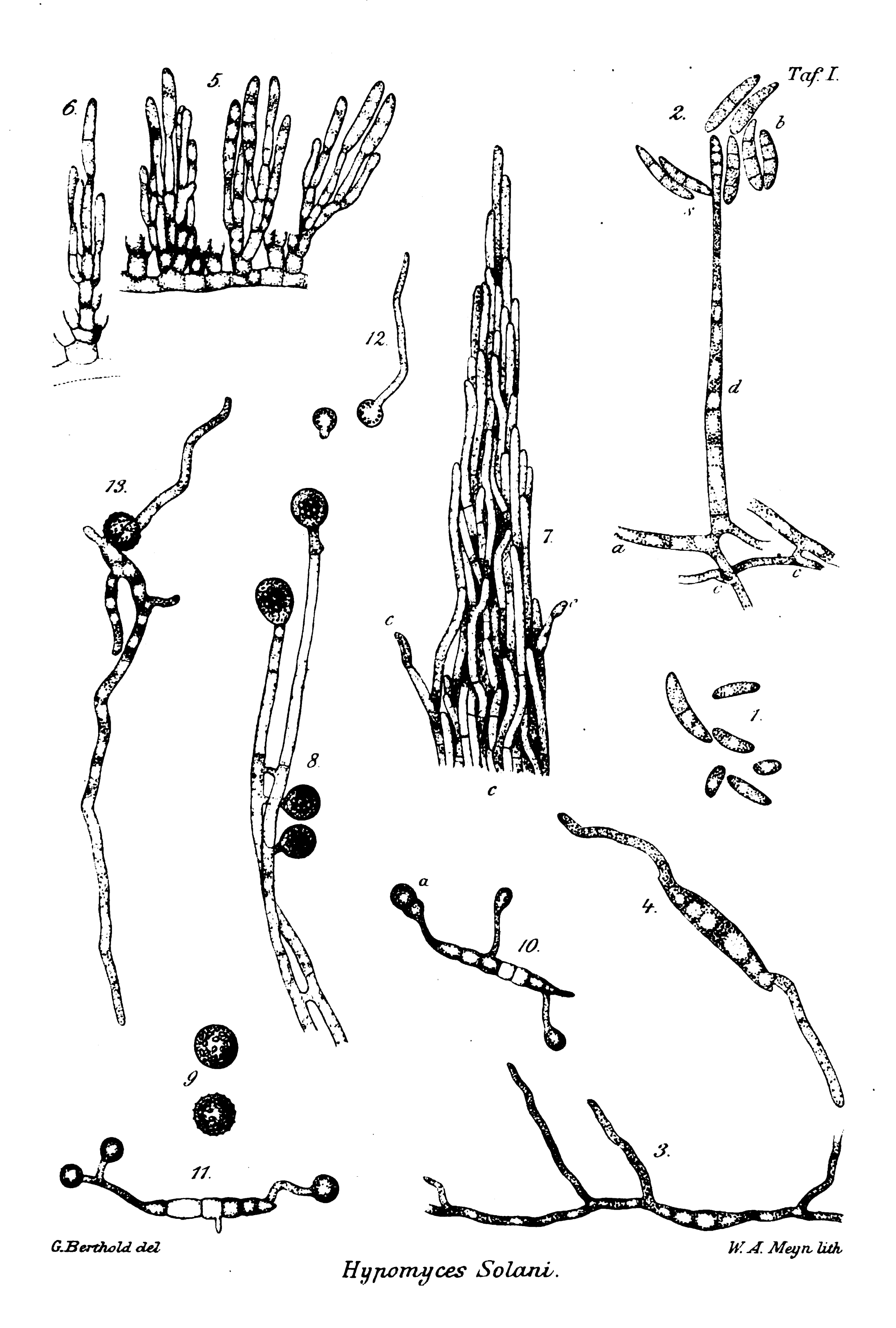
Fig. 13. Aeltere Keimungsftadien in Waffer, Bildung brauner Körper an den Keimfchläuchen (660/1).

Fig. 14. Junges Stroma von der Seite gefehen (540/1).

Fig. 15. Junges Stroma, welches die Epidermis durchbrochen hat (540/1).

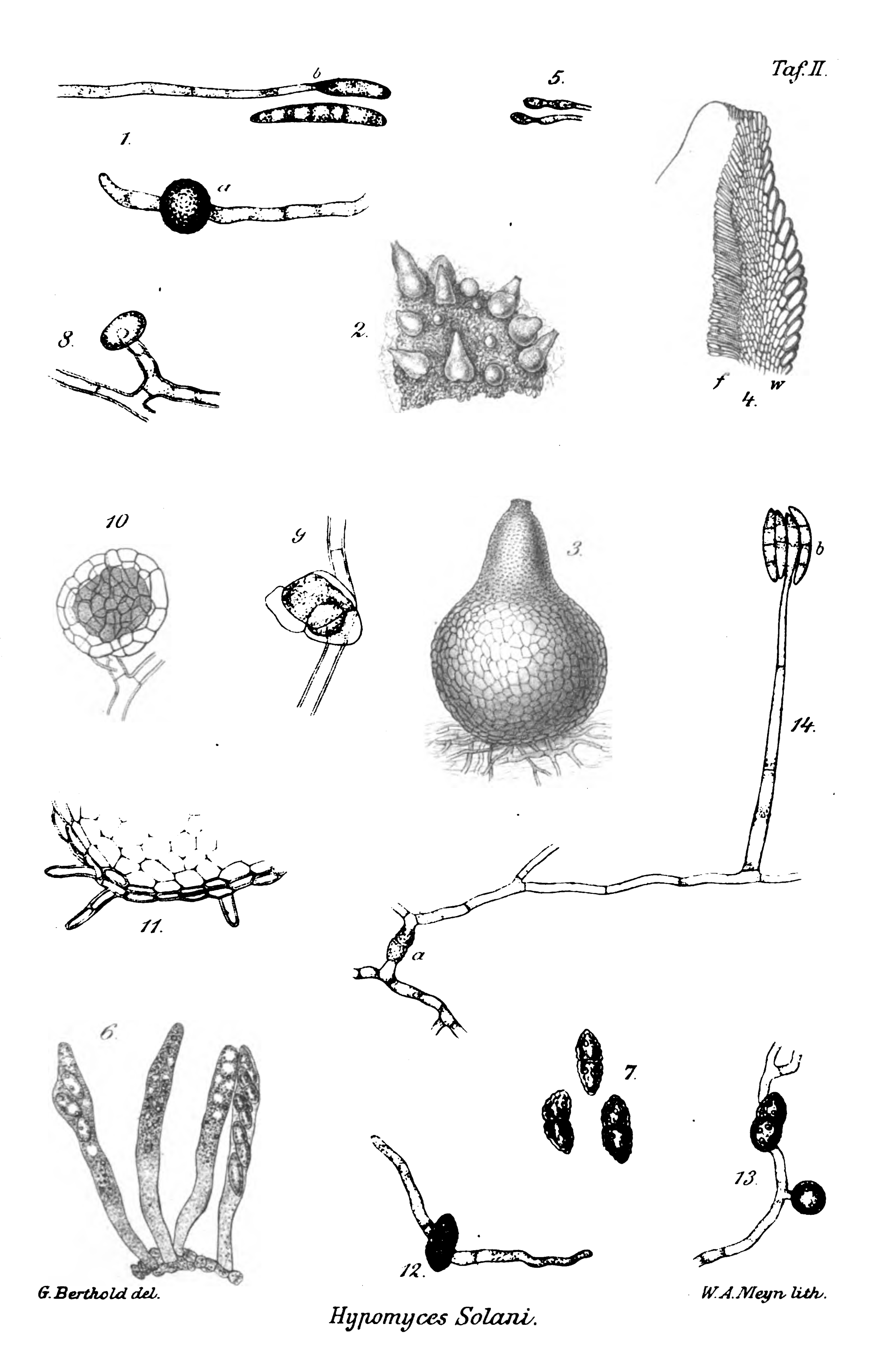
Druck von Gebr. Unger (Th. Grimm) in Berlin, Schönebergerstr. 17a.





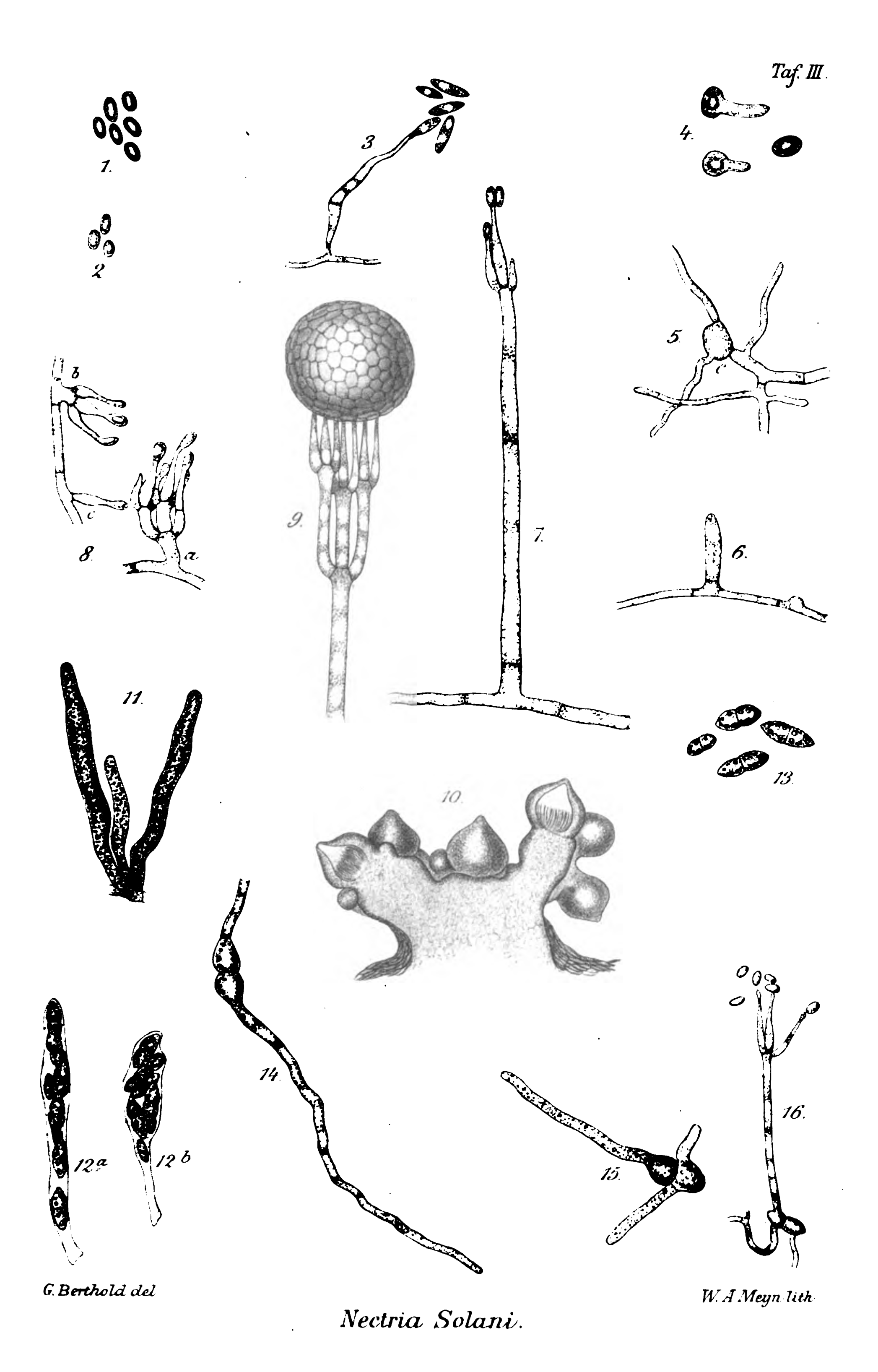
Hypomyces Solani.

Verlag von WIEGANDT, HEMPEL & PAREY in Berlin.



Hypomyces Solani.

Verlag von WIEGANDT, HEMPEL & PAREY in Berlin.



Nectria Solani.

Verlag von WIEGANDT, HEMPEL & PAREY in Berlin.

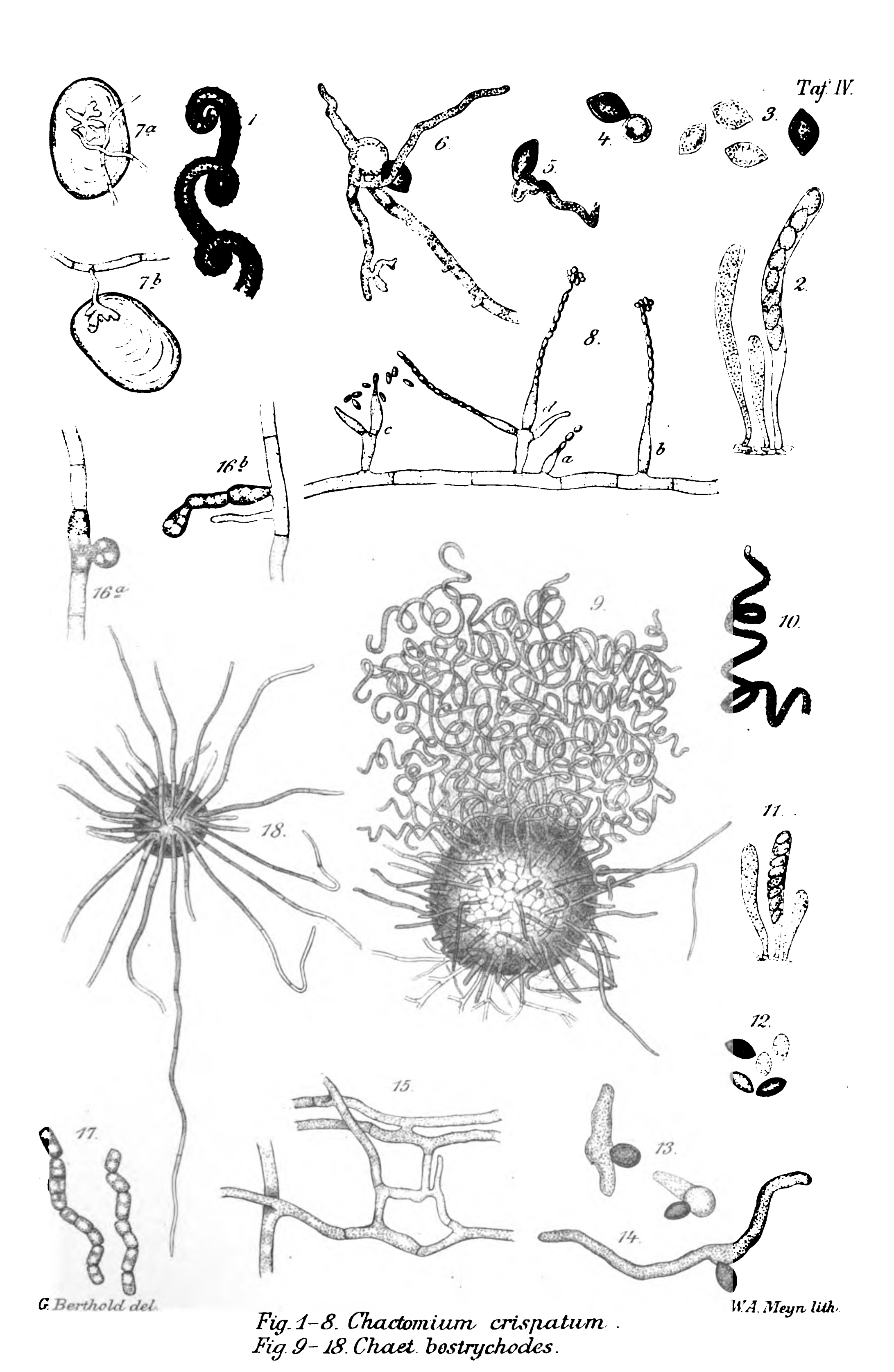
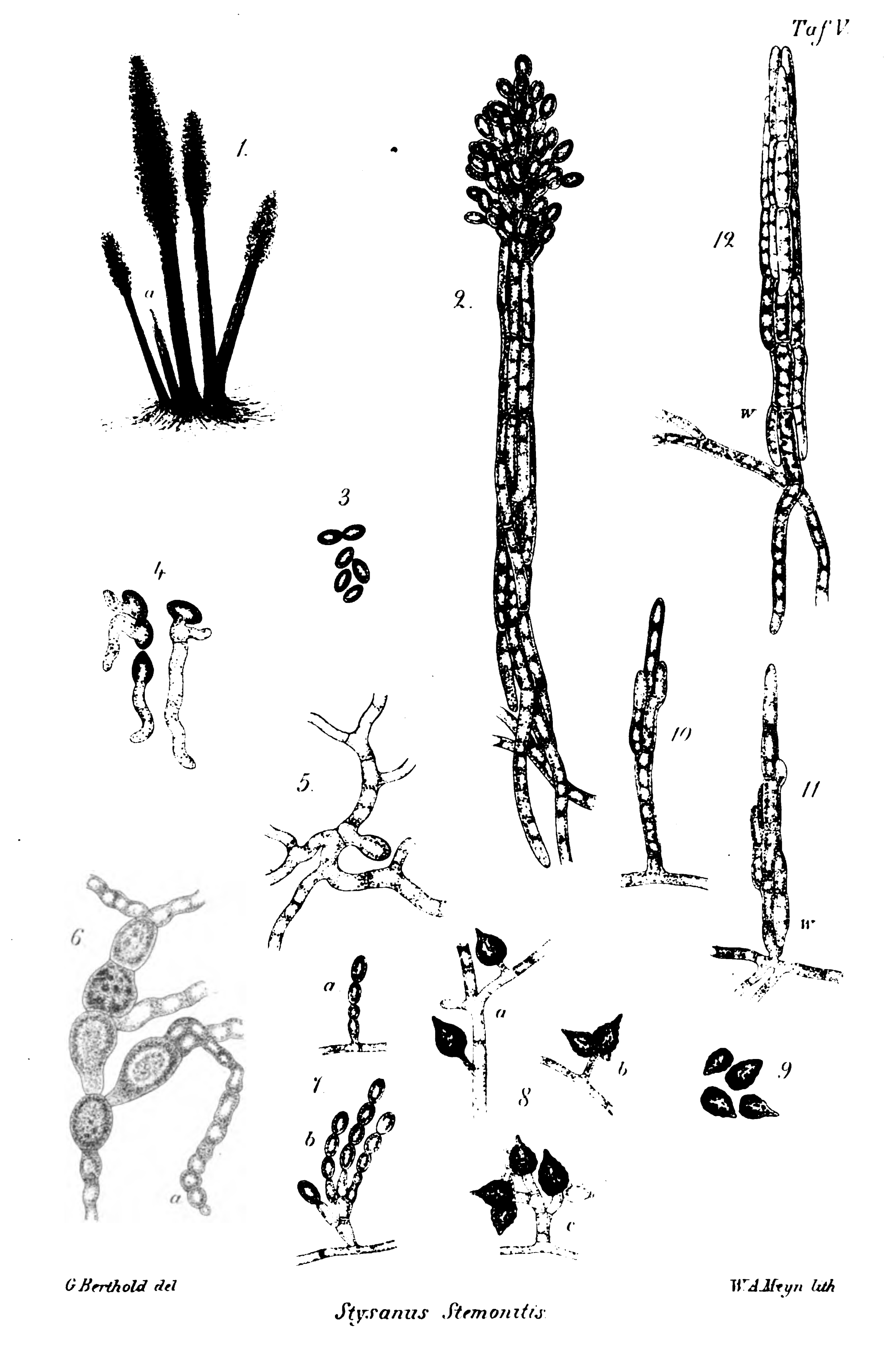


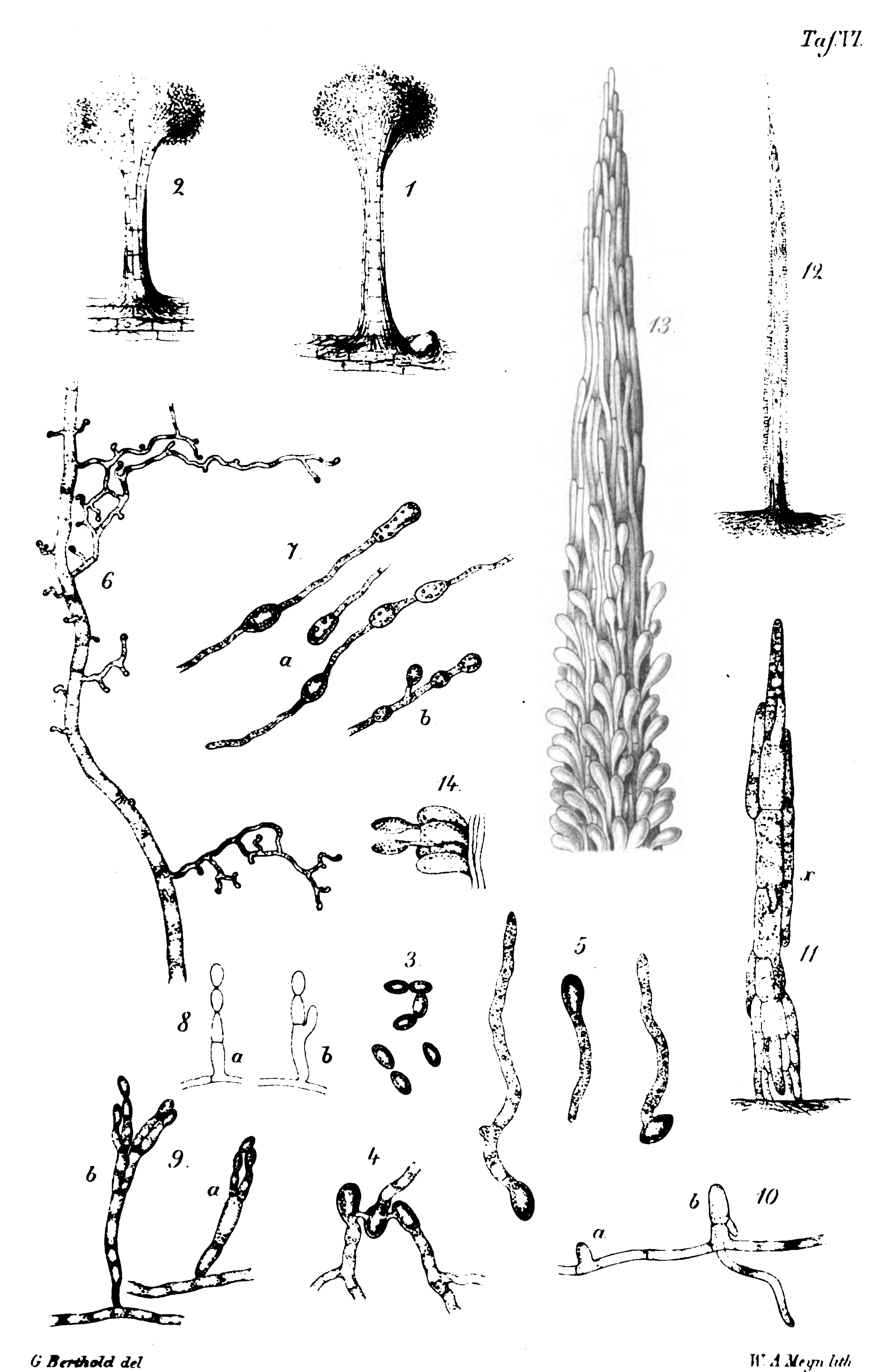
Fig. 1–8. Chaetomium crispatum.
Fig. 9–18. Chaet. bostrychodes.

Verlag von WIEGANDT, HEMPEL & PAREY in Berlin.



Stysanus Stemonitis.

Verlag von WIEGANDT, HEMPEL & PAREY in Berlin.

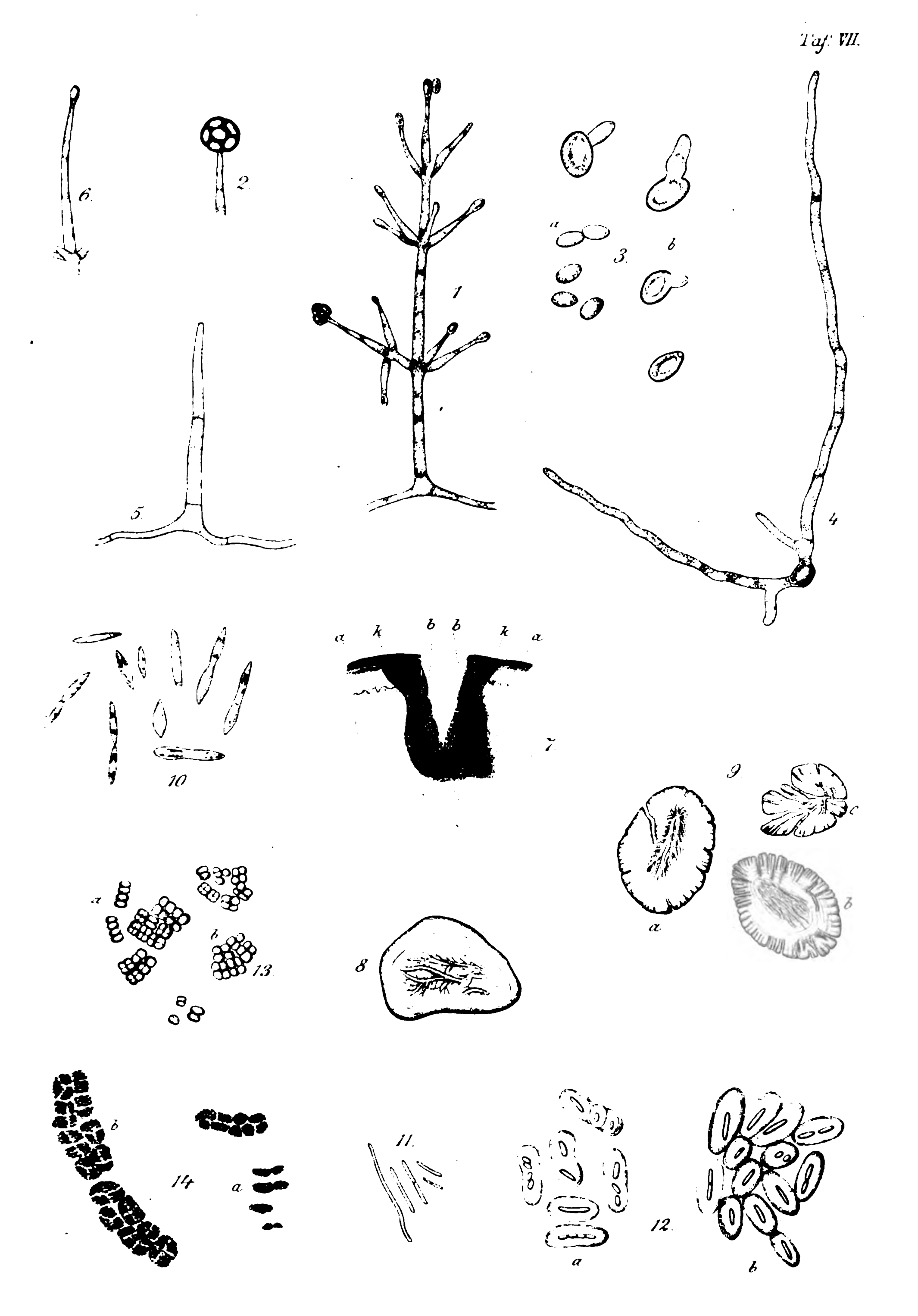


G. Berthold del.

W. A. Meyn lith.

Fig. 1-11 *Stysanus capitatus*
Fig. 12-14. *Pistillaria pusilla*

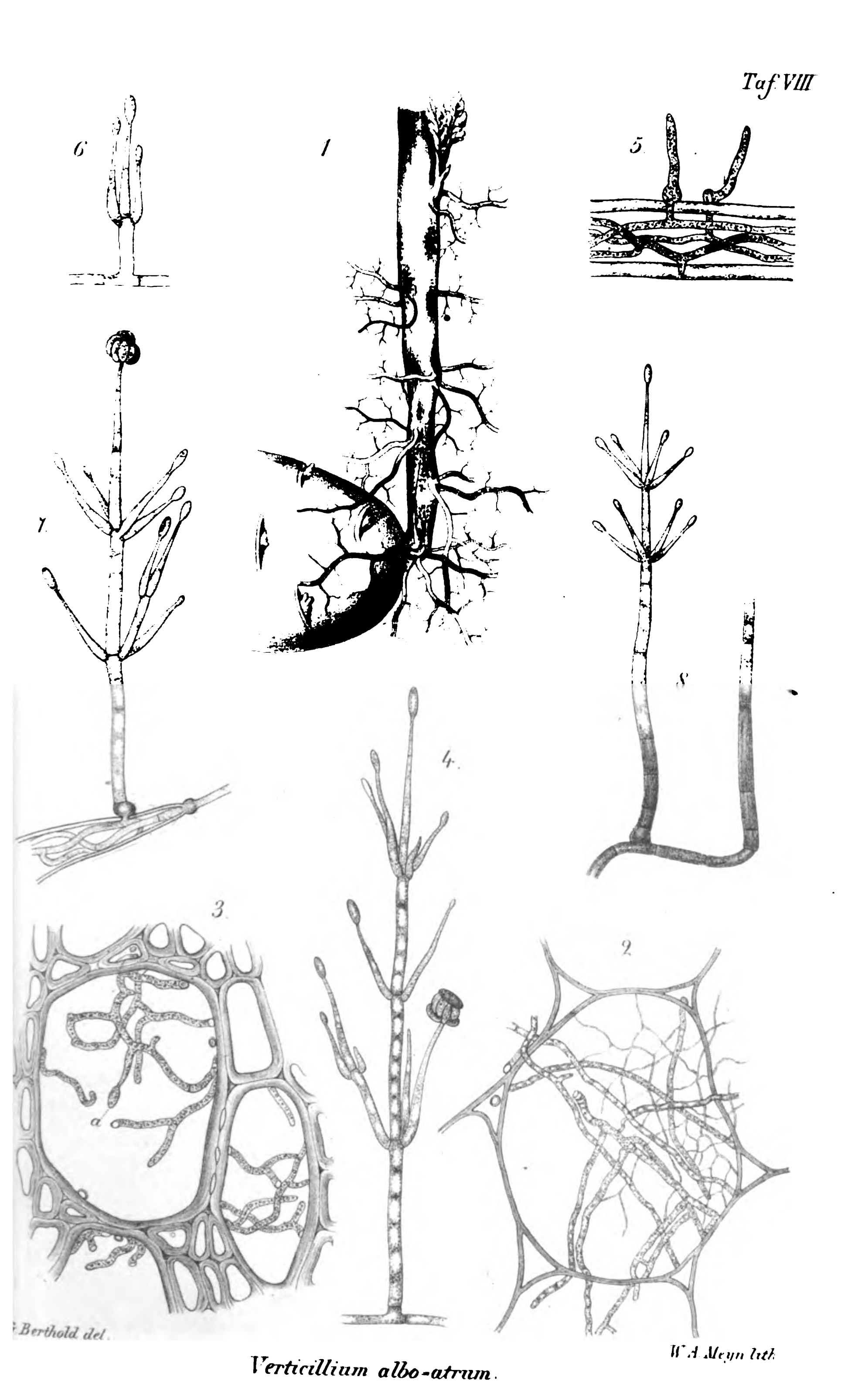
Verlag von WIEGANDT, HEMPEL & PAREY in Berlin.



G. Berthold del. W. A. Meyn lith.

Fig. 1-6. Verticillium cinnabarinum.
Fig. 7-14. Bacterien und deren Zerstörungs-Producte.

Verlag von WIEGANDT HEMPEL & PAREY in Berlin.



Verticillium albo-atrum.

Verlag von WIEGANDT, HEMPEL & PAREY in Berlin.

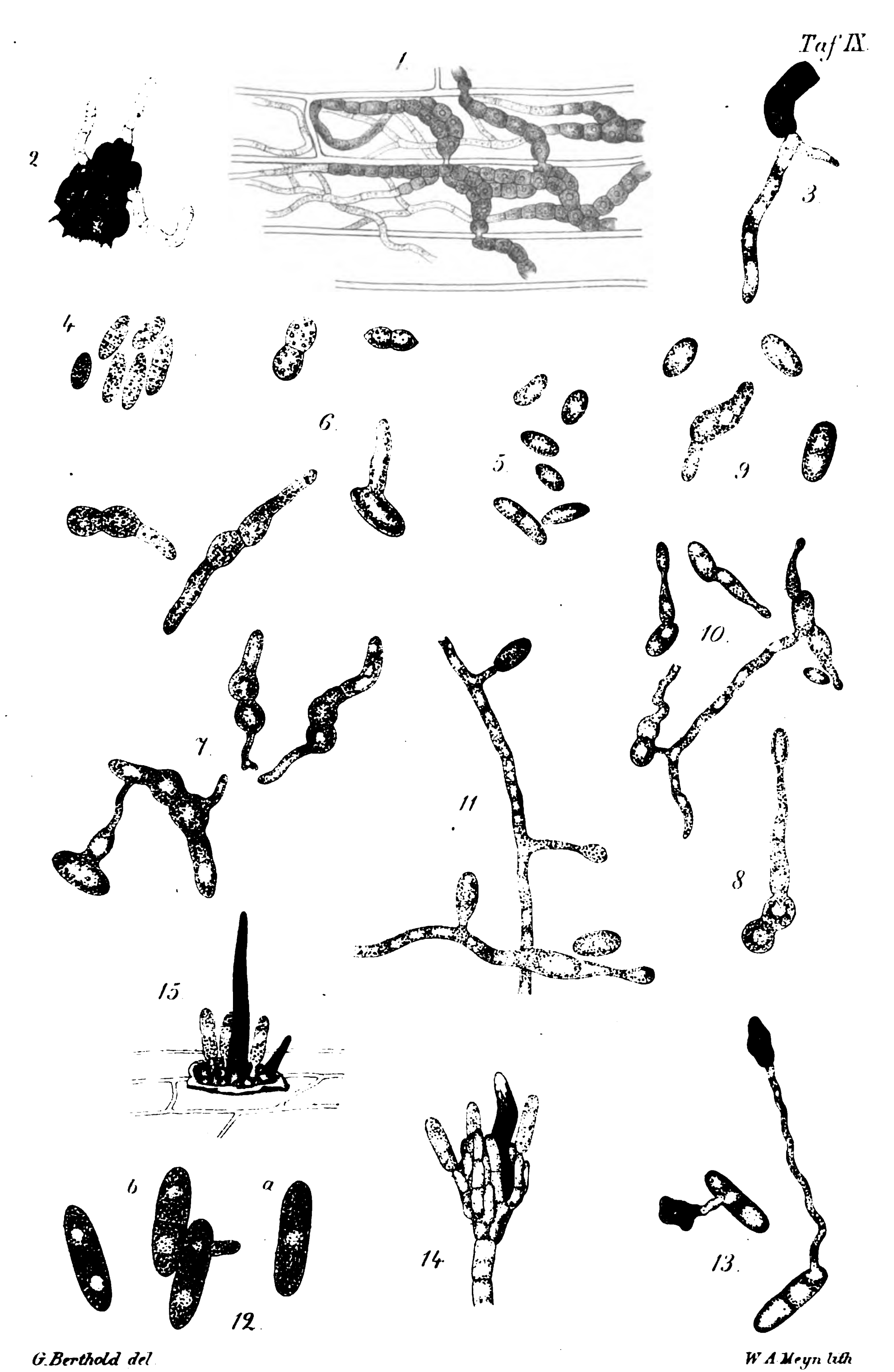


Fig. 1–11 Verticillium albo atrum
Fig. 12–15 Periola sp.

Verlag von WIEGANDT, HEMPEL & PAREY in Berlin.

UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

BOTANISCHEN LABORATORIUM

DER

UNIVERSITÄT GÖTTINGEN.

HERAUSGEGEBEN VON

DR. J. REINKE,

PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN.



ZWEITES HEFT.

STUDIEN ÜBER DAS PROTOPLASMA.

I — III.

BERLIN 1881.

VERLAG VON PAUL PAREY.

STUDIEN
ÜBER DAS PROTOPLASMA.

I — III.

I. Die chemifche Zufammenfetzung des Protoplasma von *Aethalium septicum*.

Von J. Reinke und H. Rodewald.

II. Protoplasma-Probleme.

Von J. Reinke.

III. Der Procefs der Kohlenftoffaffimilation im chlorophyllhaltigen Protoplasma.

Von J. Reinke.



BERLIN 1881.

VERLAG VON PAUL PAREY.

Vorwort.

Das hiermit den Fachgenoſſen vorgelegte zweite Heft der »Unterſuchungen« bringt den Anfang einer Reihe von Studien, welche, wie ſie mir vorſchweben, ſich alle mehr oder weniger ausſchlieſslich auf das Protoplasma beziehen werden.

Das Protoplasma bildet als Elementarorganismus ſo ſehr die Grundlage des geſammten organiſchen Lebens, daſs entſcheidende Fortſchritte in der Erkenntniſs der Lebenserſcheinungen der Materie erſt zu erwarten ſind nach einem viel tieferen Eindringen in die Natur des Protoplasma, als wir bisher zu verzeichnen haben; unabläſſig müſſen wir ſeine phyſikaliſchen, chemiſchen, morphologiſchen und biologiſchen Eigenſchaften ſtudiren, um damit der Beantwortung jener groſsen Frage näher zu kommen, ob das Leben etwas von den phyſikaliſchen und chemiſchen Prozeſſen der anorganiſchen Natur fundamental Verſchiedenes ſei oder nicht, einer Frage, in der bis jetzt nur vom dogmatiſchen Standpunkt des Vorurtheils aus theils bejahend, theils verneinend geurtheilt wird.

Die bisherigen Unterſuchungen über das Protoplasma beſchränken ſich meiſtens darauf, das Wenige, was ſich mit dem Microſkop daran beobachten läſst, zu verzeichnen. Theils ſehen wir uns durch dieſe, obſchon ſehr werthvollen, aber doch immer einſeitig microſkopiſchen Unterſuchungen Räthſeln gegenüber geſtellt, wie den Strömungsphänomenen, theils werden wir zu Trugſchlüſſen geführt, wenn bei microchemiſcher Prüfung die Farbenreaction *einer* Subſtanz diejenigen anderer überdeckt und in Folge davon angenommen wird, daſs das Protoplasma nur aus dieſer Subſtanz beſtehe. Die Wichtigkeit umfaſſenderer

Forfchungen über das Protoplasma, die in den verfchiedenften Richtungen auszuführen find, kann daher nicht genug hervorgehoben werden.

So fehlt es z. B. noch ganz an einer vergleichenden phyfiologifchen Chemie des Protoplasma, die ihrerfeits wiederum einen feften, gegebenen Ausgangs- und Vergleichspunkt als Vorausfetzung erfordert. Einen folchen Ausgangspunkt gewinnen zu helfen, ift das Beftreben der *erften* in diefem Hefte enthaltenen Abhandlung; denn wir müffen zunächft unfere Studien auf ein Object richten, welches eine einigermafsen genügende Ausbeute an Subftanz gewährt. *Aus diefem Grunde halte ich die eingehendfte Unterfuchung des Protoplasma von Aethalium septicum für eine der wichtigften Aufgaben der phyfiologifchen Chemie.* Dafs diefe Aufgabe durch die in der Abhandlung zufammengeftellten Unterfuchungen keineswegs erfchöpfend gelöft worden ift, wird jedem Lefer klar werden, deutlicher bewufst aber ift es wohl Niemandem, als mir felbft. Ich betrachte diefe Arbeit nur als eine Etappe auf dem Wege zum Ziel; der für die vorliegende Publikation eingetretene Abfchlufs ift ein proviforifcher. Es würde auch diefer proviforifche Abfchlufs erft am Ende des gegenwärtigen Sommers erfolgt fein — ich hatte diefen für ein fpezielleres Studium der in *Aethalium* enthaltenen Eiweifsftoffe beftimmt — wenn nicht mein Mitarbeiter, Herr Dr. Rodewald, durch eine Berufung nach *Kiel* fchon zu Anfang März d. J. der weiteren Betheiligung an der Arbeit entzogen worden wäre; fo ift der vorläufige Abfchlufs der Unterfuchung durch diefen rein äufserlichen Umftand veranlafst worden.

Ferner mag noch ausdrücklich die Möglichkeit zugeftanden fein, dafs einige wenige der aus *Aethalium* ifolirten Verbindungen als Zerfetzungsproducte durch die Analyfe felbft erzeugt worden find; allein ich glaube, der Gang der analytifchen Unterfuchung war ein folcher, dafs für die grofse Mehrzahl der nachgewiefenen Körper diefe Befürchtung nicht auftauchen wird.

In Bezug auf die Textredaction der *Aethalium septicum* betreffenden Abhandlung fei noch bemerkt, dafs Abfchnitt I und II derfelben

bis auf einige Zufätze von mir, Abfchnitt III von Dr. Rodewald redigirt worden find.

Was nun die *zweite* Abhandlung anlangt, fo könnte man fragen, warum diefelbe wegen ihres allgemein gehaltenen Inhalts nicht an die Spitze der ganzen Serie von »Studien« geftellt worden ift, die ich in fpäter folgenden Heften fortzufetzen gedenke. Der Grund für dies Verfahren liegt darin, dafs ich die Refultate der *Aethalium*-Arbeit bei meinen allgemeinen Betrachtungen fchon zu benutzen wünfchte. Die ganze, in diefer Abhandlung enthaltene Reihe von Betrachtungen gruppirt fich um die bereits früher von mir vertretene Auffaffung*), dafs das Protoplasma keine einfache Subftanz ift im Sinne der Chemiker, fondern ein *Organismus* von complicirteftem Gefüge, und fucht doch Wege zu finden, um in die Compofition und Dynamik feines Getriebes einzudringen.

Eine Confequenz diefer Anfchaunng, auf welche ich in der Abhandlung nicht einzugehen beabfichtigte, mag an diefer Stelle mit wenigen Worten angedeutet fein. Ich habe durch Verfuche die Ueberzeugung gewonnen, dafs ein im lebenden Zuftande im Mörfer fein zerriebenes Plasmodium ebenfo wenig Protoplasma ift, wie eine zu feinem Pulver zerftofsene Tafchenuhr noch eine Tafchenuhr fein würde. Beides find Haufwerke verfchiedener Subftanzen, in genau beftimmtem Mengenverhältnifs mit einander gemifcht; aber ebenfo wenig, wie die rein phyfikalifchen und chemifchen an der Erdoberfläche wirkenden Kräfte im Stande find, aus dem Gemenge von Meffing, Stahl, Gold, Glas u. f. w. wieder eine Tafchenuhr zu bilden, ebenfo wenig werden fie aus dem zerriebenen Plasmodium ohne Mitwirkung eines anderen Organismus wieder Protoplasma erzeugen können, und dies würde auch dann nicht gefchehen, wenn wir Eiweifsftoffe, Kohlenhydrate, Säuren, Metalle u. f. w. im richtigen quantitativen Verhältnifs mit Waffer mengen und dann abwarten wollten, ob daraus von felbft fich Protoplasma bilden werde. Diefe Gefichtspunkte find

*) Vgl. mein Lehrbuch der allg. Botanik. Berlin 1880. S. 48.

für mich zur Beurtheilung der theoretischen Möglichkeit einer *Generatio spontanea* von Protoplasma maßgebend.

Die *dritte* Abhandlung endlich bildet eine vorläufige Mittheilung, welche ich im nächsten Hefte dieser »Untersuchungen« ergänzen zu können hoffe.

Göttingen, Anfang Juni 1881.

Reinke.

Inhalt.

Erfte Abhandlung.

Die chemische Zusammensetzung des Protoplasma von Aethalium septicum.

Von

J. REINKE und H. RODEWALD.

Seite

Zweite Abhandlung.

Protoplasma-Probleme.

Von

J. Reinke.

Seite

Dritte Abhandlung.

I.

Die chemische Zusammensetzung
des
Protoplasma von Aethalium septicum.

Von

J. Reinke und H. Rodewald.

I.

Die chemische Zusammensetzung der Protoplasma von Aethalium septicum.

Von

J. Reinke und H. Rodewald.

I. Historisches und Kritisches.

Der merkwürdige und ſo auffallend rapide ſich vollziehende Entwicklungsgang von *Aethalium septicum* hat nicht nur frühzeitig das Intereſſe des descriptiven Morphologen*) rege gemacht, ſondern auch den phyſiologiſchen Chemiker zu einer analytiſchen Unterſuchung dieſes ſeltſamen Schleimpilzes herausgefordert. In ſeinen noch heute nicht werthloſen im Jahre 1811 veröffentlichten *Recherches analytiques sur la nature des champignons* hat BRACONNOT auch eine Unterſuchung über die chemiſche Zuſammenſetzung von *Aethalium septicum* mitgetheilt**). BRACONNOT beginnt ſeine Darlegung mit einer kurzen Beſchreibung des Pilzes, worin er hervorhebt, daſs derſelbe anfänglich «*une matière écumeuse comme effleurie de belle couleur jaune mat*» darſtelle, nach 24 Stunden jedoch ſich zu einer Art von Kuchen verdichte, der auf einer conſiſtenteren Schicht als Unterlage ruhend im Innern ein mit Fäden untermiſchtes ſchwarzbraunes Pulver enthalte, welches von einer hellen dicken Kalkkruſte bedeckt werde. Obgleich der Autor ſelbſt das Uebereinſtimmende im Verhalten der durch Waſſer ſchwer benetzbaren Sporen von *Aethalium* mit dem *Lycopodium*-Pulver hervorhebt, ſo ſieht er ſich doch trotz der ſchönen

*) MICHELI, Nova plantarum genera. Florenz 1729. S. 216.

**) Annales de chimie. Band 80. S. 283.

Unterſuchungen MICHELI'S veranlaſst, die Sporennatur des Pulvers in Zweifel zu ziehen und den Fruchtkuchen, auf eine ſehr unvollkommene chemiſche Unterſuchung geſtützt, für den abgeſtorbenen Zuſtand des Pilzes zu halten, welcher in ſeinen chemiſchen Eigenſchaften ſich wie eine humificirte Düngererde verhalte.

Um ſo mehr Intereſſe gewährt BRACONNOT'S Analyſe des friſchen, protoplasmatiſchen Zuſtandes von *Aethalium*. Er fand in demſelben eine ſchwammige, fein zertheilte Substanz und eine ganz auffallend groſse Quantität von kohlenſaurem Kalk. Freie Säuren wurden nicht beobachtet, wohl aber Phosphorſäure und Eſſigſäure in gebundenem Zuſtande; die Eſſigſäure ward durch Deſtillation mit Phosphorſäure gewonnen. Ammoniakverbindungen ſollen fehlen. An kaltes Waſſer gibt die Subſtanz eine gelbliche Löſung ab, welche durch Tannin und eine Reihe anderer Reagentien gefällt wird, was das Vorhandenſein einer «*matière animale*» andeute. Beim Kochen coagulirt dieſe Löſung in Flocken: Albumin. Wird die Subſtanz erſt getrocknet, dann mit lauwarmem Waſſer digerirt und die entſtandene Löſung eingedunſtet, ſo erhält man ein hygroscopiſches, unangenehm ſchmeckendes Reſiduum. Daſſelbe löſt ſich bis auf einen geringen Rückſtand in wenig Waſſer, in der Löſung bringt Tannin einen dicken Niederſchlag hervor, was abermals eine «*matière animale*» bezeichnen ſoll. Ein Theil der vom Waſſer gelöſten Substanz hinterlieſs beim Verbrennen Kaliumcarbonat.

Zwanzig Gramm getrockneten Protoplasmas lieferten 5,5 *g* Aſche, welche faſt ganz aus Calciumcarbonat beſtand, mit wenig Calciumphosphat und Kaliumcarbonat.

Ward die Subſtanz mit ſiedendem Alkohol behandelt, ſo färbte der letztere ſich goldgelb, um beim Erkalten ein pulveriges Sediment von gelblicher Farbe fallen zu laſſen. Wenn man die mit Alkohol behandelte Maſſe mit Waſſer auskochte, ſo ging darin ebenfalls noch gelbliche Subſtanz in Löſung und fiel beim Erkalten theilweiſe aus. Ward zu dieſer Löſung etwas Alaun geſetzt, ſo nahm darin gekochte Wolle und Seide eine ſehr ſchöne gelbe, im Sonnenlichte aber nicht ſehr beſtändige Farbe an.

Wenn das Protoplasma nach der Behandlung mit Alkohol und Waffer mit verdünnter Kalilauge digerirt wurde, fo erhielt man eine braungelbe Flüffigkeit, aus welcher Säuren einen fich in Klumpen ballenden Niederfchlag von rother Farbe hervorbrachten, während die Löfung nahezu entfärbt wurde. Diefer Niederfchlag getrocknet und erhitzt, fchmilzt, bläht fich auf und entzündet fich fchliefslich wie ein Harz oder Fett. Mit Salpeterfäure behandelt liefert die gleiche Subftanz eine talgartige Schmiere, eine ziemlich grofse Quantität goldgelber Kryftalle eines bitteren detonirenden Körpers und Prismen von Oxalfäure.

Aus diefem Referate geht hervor, dafs BRACONNOT eine Reihe der das Protoplasma von *Aethalium* zufammenfetzenden Verbindungen richtig feftgeftellt hat, fo namentlich den grofsen Gehalt an Calciumcarbonat, das Kalium, die Phosphorfäure und Effigfäure, einen löslichen Eiweifsftoff. Von Intereffe ift auch feine in fiedendem Waffer gelöfte *matière animale*, welche in allen feinen Pilzanalyfen wiederkehrt, und welche unzweifelhaft mit der von uns in der Folge als Pepton aufgefafsten Verbindung identifch ift. Dagegen ift fein alkoholifcher Auszug ein Gemenge von Fetten, Seifen, Cholefterin, Harz und Calciumfalzen. Unrichtig ift feine Angabe vom Fehlen der Ammoniakverbindungen.

Ift fomit die durch BRACONNOT'S Unterfuchung gewonnene Kenntnifs des Protoplasma von *Aethalium* noch eine dürftige, fo darf doch nicht vergeffen werden, dafs die Methoden der phyfiologifch-chemifchen Analyfe zu jener Zeit höchft unvollkommen waren, und wir haben um fo weniger unterlaffen wollen, über die Arbeit diefes Forfchers hier ausführlich zu berichten, als nach Erfcheinen derfelben ein halbes Jahrhundert verfloffen ift, ohne dafs unfere Kenntnifs der chemifchen Zufammenfetzung des Protoplasma von *Aethalium* einen Zuwachs erfahren hätte.

Auch in den bezüglichen Schriften von DE BARY*) wird nur

*) Die Mycetozoen, Leipzig 1864. — Morphologie und Phyfiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten. Leipzig 1866. S. 295 ff.

auf den Eiweifsgehalt deffelben hingewiefen. Dagegen finden fich in den genannten Arbeiten Notizen über die ftoffliche Befchaffenheit der Membranen von Sporangium, Capillitium und Sporen, wonach fich diefelben den «incruftirten oder cuticularifirten pflanzlichen Cellulofehäuten im Allgemeinen ähnlich» verhalten follen. Diefe Membranen find quellbar in concentrirten Säuren und Alkalien; bei den meiften Schleimpilzen tritt bei Behandlung mit Jod und Schwefelfäure keine Blaufärbung derfelben ein, wohl aber an den Sporen von *Arcyria*, *Trichia* und *Lycogala*, ebenfo zeigen die Membranen der Sclerotien bei *Aethalium* und *Didymium Serpula* die Blaufärbung durch Chlorzinkjodlöfung oder Jod mit Schwefelfäure. Wenn jedoch De Bary aus diefer Blaufärbung das Vorhandenfein von Cellulofe folgert, fo fteht damit die weitere Angabe im Widerfpruch, dafs die durch Jod und Schwefelfäure blau werdenden Membranen in Kupferoxydammoniak keine merkliche Veränderung zeigten;*) nur die Zellen im Stiel von *Arcyria cinerea* quollen oder löften fich langfam in diefer Flüffigkeit. Bekanntlich ift aber die Löslichkeit in Kupferoxydammoniak ein entfcheidenderes Reagens auf Cellulofe, als die Blaufärbung mit Jod und Schwefelfäure; denn diefes letztere Verhalten theilt die Cellulofe mit einem feften, im thierifchen Körper vorkommenden Eiweifsftoffe, der fogenannten Amyloidfubftanz, welcher ebenfalls durch Jod und Schwelfäure blau gefärbt wird**). Jedenfalls ift ein Beweis für die Cellulofenatur der Sporenmembranen und der Zellwände in den Sclerotien der Myxomyceten noch nicht erbracht.

Weiterhin hat Hofmeister***) den Waffergehalt des Protoplasma von *Aethalium septicum* unterfucht und zu 70 pCt. beftimmt.

Eine wichtige Mittheilung über einen Beftandtheil des Protoplasma von *Aethalium* verdanken wir W. Kühne†). Derfelbe entdeckte in diefem Schleimpilze einen reichlichen Gehalt an Glycogen und über-

---

*) Mycetozoen, S. 78.

**) Vgl. Gorup-Besanez, Lehrbuch der phyfiologifchen Chemie. 4. Aufl. S. 125.

***) Die Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig 1867. S. 2.

†) Lehrbuch der phyfiologifchen Chemie. Leipzig 1868. S. 334.

zeugte ſich von der Identität deſſelben mit dem Glycogen der Leber und des Fötus höherer Thiere.

Ferner hat MÜNTZ*) bei der Extraction der Fruchtkörper von *Aethalium* durch ſiedenden Alkohol eine leicht kryſtalliſirende Subſtanz in reichlicher Menge erhalten, welche derſelbe für *Trehaloſe* erklärt und mit der Mycoſe anderer Pilze, z. B. der *Amanita muscaria*, identificirt haben will. Dieſe Angabe iſt unrichtig. Wenn man die reifen Fruchtkörper von *Aethalium* mit verdünntem, ſiedendem Alkohol auszieht, ſo ſcheiden ſich beim Erkalten der Löſung allerdings ſchöne Kryſtalle in reichlicher Menge aus, welche ſich als ſchwerlöslich in heiſsem Alkohol, als leicht löslich in heiſsem Waſſer erweiſen. Hat man dieſe Kryſtalle jedoch durch wiederholtes Umkryſtalliſiren mit Waſſer vollkommen gereinigt und unterſucht dieſelben auf optiſches Drehungsvermögen, ſo zeigt ſich, daſs dieſe Subſtanz auch in concentrirter Löſung die Ebene des polariſirten Lichtes nicht abzulenken vermag. Da nun eine weitere einfache Prüfung in dieſen Kryſtallen einen bedeutenden Stickſtoffgehalt anzeigt, ſo haben wir es offenbar mit keinem Kohlenhydrat, am allerwenigſten mit Mycoſe oder Trehaloſe zu thun. In der That läſst ſich die Verbindung, auf welche allein die Angaben von MÜNTZ Bezug haben können, leicht als *Asparagin* beſtimmen.

Demnächſt erſchien eine Mittheilung von KRUKENBERG**), worin derſelbe ſeine Entdeckung eines peptoniſirenden Fermentes im Protoplasma von *Aethalium* bekannt machte, und nebenbei mittheilte, daſs durch KÜHNE die Abweſenheit von Diaſtaſe und Trypſin darin conſtatirt worden ſein. Auſserdem wird durch KRUKENBERG zuerſt die alkaliſche Reaction des Protoplasma von *Aethalium* hervorgehoben.

In neueſter Zeit iſt noch durch O. LOEW***) eine Notiz über den Aetherextract der Sporen von *Aethalium* veröffentlicht worden, wo-

---

*) *Comptes rendus* 1874. S. 1184.

**) KRUKENBERG, Unterſ. a. d. Phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelb. Bd. II. S. 273. 1878.

***) PFLÜGER's Archiv, Jahrg. 1880. Bd. 22, S. 64.

nach es diesem Forscher gelang, durch Barytwasser Glycerinphosphorsäure daraus abzuscheiden. Aus dem Phosphorgehalt des Aetherextractes berechnet LOEW einen Gehalt von 0,017 pCt. Lecithin für die Sporen von *Aethalium*. Gleichzeitig mit dieser letzteren Mittheilung haben auch wir auf das Vorkommen von Lecithin im Protoplasma von *Aethalium* hingewiesen*).

Endlich haben wir noch im October 1880 eine vorläufige Zusammenstellung der von uns in *Aethalium septicum* beobachteten Substanzen als Manuskript gedruckt veröffentlicht. Da diese Mittheilung in verschiedenen Zeitschriften abgedruckt worden ist, so mag dieselbe an dieser Stelle noch Erwähnung finden; gleichzeitig sei aber hervorgehoben, dafs die gedachte Zusammenstellung eine nur lückenhafte war.

II. Gang der Untersuchung.

1. Das Arbeitsmaterial.

In zwei Formen bietet das lebende Protoplasma von *Aethalium septicum* sich der chemischen Verarbeitung dar: im ruhenden Zustande als Inhalt der Sporen, im lebensthätigen Zustande, d. h. in voller Stoffwechsel-Bewegung begriffen, als junger, eben aus den Plasmodien geformter Fruchtkörper. Ein drittes Entwicklungsstadium würde in den Sclerotien zur Verfügung stehn, wenn sich dieselben in genügender Quantität beschaffen liefsen; da dieses aber auf Schwierigkeiten stöfst, so werden dieselben nur für vereinzelte Prüfungen in Frage kommen können. Die noch assimilirenden Plasmodien selbst sind der analytischen Untersuchung bis jetzt leider unzugänglich, weil ihre dünnen, netzartig anastomosirenden Stränge sich derartig mit den Lohestücken verflechten, zwischen welchen der Schleimpilz vegetirt,

*) Vgl. REINKE, Lehrb. der allgemeinen Botanik. Berlin 1880. S. 47.

dafs fie fich von diefen in hinreichender Quantität nicht fondern laffen; eine Cultur auf künftlichen Subftraten, z. B. auf Fliespapier und auf poröfen Thonplatten, welche mit Lohedecoct getränkt waren, hat bis jetzt zu keinem Ergebnifs geführt. Am eheften dürfte es gelingen, lebensthätiges Protoplasma in Geftalt ganz junger Plasmodien und Schwärmer rein zu gewinnen, indem man gröfsere Quantitäten von Sporen in geeigneter Weife zur Keimung bringt. Diefe Form des Protoplasma konnte bis jetzt aber nur in fehr geringem Umfange unterfucht werden, weil es an Material dafür gebrach; fie dürfte aber für eine fpätere monographifche Bearbeitung der einzelnen Stoffwechfel-Proceffe befonders deshalb von Wichtigkeit werden, weil in diefen jungen, nur durch Waffer aus den Sporen hervorgelockten Plasmodien das Protoplasma in den Zuftand der Inanition, des Hungerns, verfetzt werden kann, wo es die in den Sporen deponirten Referveftoffe aufgezehrt hat, und nun die Producte feiner regreffiven Stoffmetamorphofe anhäuft, weil ihm durch Vorenthaltung von Nährftoffen die Möglichkeit entzogen wird, diefelben wieder zu den eigentlich conftituirenden Plasma-Beftandtheilen zu ergänzen.

Die Analyfe des ruhenden Protoplasma der Sporen unterliegt den ungünftigen Bedingungen des in Zellwände eingekapfelten Protoplasma in befonders hohem Grade, weil diefe Zellen fehr klein find, ihre Wände relativ derb und von geringer Permeabilität. Auf Colloidfubftanzen, z. B. Eiweifsftoffe, colloidale Kohlenhydrate u. f. w. kann daher der Sporeninhalt garnicht geprüft werden; es kann freilich diefer Umftand in folchen Fällen zum Vortheil gereichen, wo es darauf ankommt, die leicht diffundirenden Subftanzen von den Colloiden zu trennen, und wo dann die Zellwände als natürliche Dialyfatoren wirken.

Um fo mehr eignen fich die jungen, noch nicht erftarrten Fruchtkörper als Unterfuchungs-Material. Wenn man gröfsere Maffen von Lohe, in welchen die Plasmodien von *Aethalium* vegetiren, perfönlich überwacht, fo kann man die dicken, foliden Plasmamaffen, welche an ihrer Oberfläche fich bilden, zu den verfchiedenen Zeiten ihrer Ent-

wicklung in Arbeit nehmen. Auf diefe Form des Protoplasma beziehen fich die nachfolgend mitgetheilten Unterfuchungen beinahe ausfchliefslich und überall dort, wo nicht ausdrücklich bemerkt wird, dafs Sporen als Material benutzt wurden.

Unter allen Umftänden durfte nur Protoplasma in Arbeit genommen werden, welches keinerlei Spuren des Abgeftorbenfeins und der Zerfetzung zeigte. Auf eine ganze Reihe zum Theil der wichtigften Stoffe durfte ferner nur ganz frifches, eben dem Lohehaufen entnommenes Protoplasma geprüft werden, um leicht veränderliche Stoffe womöglich in der Form beftimmen zu können, welche diefelben im wirklich lebenden Protoplasma befafsen. Solche Verbindungen dagegen, deren Zerfetzung und Umbildung nicht zu befürchten war, wurden aus *confervirtem* Protoplasma zu ifoliren verfucht. Die Confervirungsmethode beftand darin, dafs das frifche Protoplasma, von anhaftenden Loheftücken möglichft befreit, in grofse, mit abfolutem Alkohol angefüllte, verfchliefsbare Sammelgefäfse eingelegt ward. Sobald ein gewiffer Vorrath beifammen war, wurde die alkoholifche Flüffigkeit abgegoffen und in einer Porzellanfchaale auf dem Wafferbade eingedunftet, die fomit concentrirt gewordene Löfung wieder über die im Alkohol fehr hart gewordenen fchwammigen Protoplasma ftücke gegoffen; diefe wurden dann zerkleinert und in einem durch Wafferdampf geheizten Trockenfchranke bei einer Temperatur von 80—90° getrocknet. Die getrocknete, fehr fpröde Maffe wurde im Porzellanmörfer fein zerrieben, das gelblich graue Pulver von einigen darin reftirenden Lohefafern abgefiebt und in wohlverfchloffenen Glasgefäfsen trocken aufbewahrt.

Beim Zerreiben im Mörfer wird das trockene Protoplasma ftark negativ elektrifch, eine Erfcheinung, welche fich nach der Extraction mit Aether und Alcohol verliert.

2. Reaction des Protoplasma.

Das lebende Protoplasma fowohl junger Fruchtkörper, als auch der dünnen, in der Lohe vegetirenden und affimilirenden Plasmodium-

Stränge reagirt ſtets deutlich alkaliſch. Dazu entwickelt daſſelbe einen intenſiv laugenartigen Geruch, welcher ſich auch beim Trocknen nicht verliert. Bringt man in die Atmoſphäre eines verſchloſſenen Glasgefäſses, worin ſich etwas von dem oben beſchriebenen trockenen Protoplasma-Pulver befindet, einen Streifen von angefeuchtetem rothen Lacmuspapier, ſo iſt derſelbe nach kurzer Zeit gebläut. Hierdurch giebt ſich die Anweſenheit von *Ammoniak* oder *Ammoniumcarbonat* zu erkennen, und durch das Vorhandenſein dieſer flüchtigen Baſe wird die alkaliſche Reaction des lebenden Protoplasma hinlänglich erklärt. Der characteriſtiſche Geruch, welchen das friſche Protoplasma von Aethalium beſitzt, wird vorwiegend durch eine flüchtige Subſtanz hervorgerufen, welche ſich leicht in Alkohol löſt und auf die wir ſpäter zurückkommen werden.

3. Aggregatzustand des lebensthätigen Protoplasma.

Eine Portion friſches Protoplasma von breiartiger Conſiſtenz im Gewicht von 179 *g* ward in ſtarke, aber engmaſchige Preſsleinwand eingeſchlagen, und gelang es zunächſt mit der Hand davon 58 *g* einer trüben gelblichen Flüſſigkeit abzupreſſen; durch den mehr als 4000 *kg* betragenden Druck einer ſehr kräftigen Preſſe wurden weitere 62 *g* Flüſſigkeit daraus gewonnen, während der Preſsrückſtand aus einem dünnen, feſten und ziemlich trockenen Kuchen beſtand. Dies macht im Ganzen 120 *g* Flüſſigkeit oder 66,7 pCt. vom Gewicht der ganzen Maſſe.

Das lebende Protoplasma beſteht alſo ſeinem Gewichte nach zu zwei Drittheilen aus einer abpreſsbaren Flüſſigkeit, deren ſpecifiſches Gewicht zu 1,209 beſtimmt wurde, und zu einem Drittheil aus feſter, ungelöſter Subſtanz. Wir können dieſe letztere als die *Gerüſtſubſtanz des Protoplasma*, die abpreſsbare Flüſſigkeit nach dem Vorgange von HANSTEIN*) als *Enchylema* bezeichnen.

Gerüſtſubſtanz und Enchylema bilden ein inniges Gemenge mit einander, wobei jedoch die Gerüſtſubſtanz keineswegs etwa aus lauter

*) Vergl. J. v. HANSTEIN, «Das Protoplasma», S. 39.

kleinen, gesonderten Partikeln besteht, wie die rothen Blutkörperchen im Blute, oder die Fettkügelchen in der Milch, sondern es ergeben sich hinreichende Anhaltspunkte für die Annahme, dass dieselbe einerseits die oberflächliche Hautschicht des Plasmaleibes darstellt, andererseits aber diesen letzteren nach allen Richtungen als ein festes, aber doch plastisches und contractiles Continuum durchsetzt in netzartigen Anastomosen. Es dürfte dieses Gerüst, dessen Maschen wegen der Plasticität der Masse unausgesetzter Grössen- und Formänderungen fähig sind, mit der Substanz eines Badeschwammes zu vergleichen sein, wie dieser letztere sich voll Wasser zu saugen vermag, so sind die Zwischenräume der Gerüstsubstanz des Protoplasma vom Enchylema erfüllt.

Für die Auffassung, dass die Gerüstsubstanz des Protoplasma aus einem netzartig anastomosirenden Continuum feiner Fäden und Platten bestehe, spricht der Umstand, dass es nicht gelingt, durch eine kräftig wirkende Centrifuge die feste und flüssige Substanz von einander zu trennen. Zu dem Behufe wurde eine Portion frisches Protoplasma in einem derbwandigen Glasrohr an einer Centrifuge befestigt, durch welche man Butter aus *frischer* Milch herzustellen vermag. Es erfolgte hierbei keine Sonderung der festen und flüssigen Bestandtheile, sondern nur ein geringer Theil des Enchylema ward herausgepresst, wie es auch bei einem mit Wasser getränkten Badeschwamme geschieht, den man in ähnlicher Weise behandelt.

Unterstützt wird diese Auffassung ferner durch die zahlreichen Beobachtungen, welche Frommann*) über die mikroskopisch sichtbare Netzstructur im Protoplasma der Gewebezellen von Blüthenpflanzen veröffentlicht hat und welche durch Schmitz**) in umfassender Weise bestätigt worden sind.

Die chemische Zusammensetzung der Gerüstsubstanz des Protoplasma wird später erörtert werden.

Das Enchylema besteht jedenfalls aus einem Gemenge aller

*) Frommann, Beobachtungen über Structur und Bewegungserscheinungen des Protoplasma der Pflanzenzellen. Jena 1880. S. 1 ff.

**) Sitzungsber. der niederrheinischen Gesellschaft 1880. Sitzung v. 13. Juli.

möglichen löslichen Verbindungen des Protoplasma und verschiedenen unlöslichen im Zustande der Suspension. Sein Gehalt an Eiweißstoffen gab sich daran zu erkennen, daß die oben erwähnte ausgepreßte Lösung bei einer Erwärmung auf 58—64° C. coagulirte. Nachdem das bei dieser Temperatur erhaltene Coagulum sich abgesetzt hatte, coagulirte die davon abgegossene Flüssigkeit bei weiterem Erhitzen nicht mehr. Das Gewicht des durch Coliren vollstandig von der Flüssigkeit befreiten Coagulums betrug 14 *g;* es sind also ungefähr 7—8 pCt. lösliche Eiweißstoffe im feuchten Zustande im lebenden, imbibirten Protoplasma enthalten.

Die vom Eiweiß-Coagulum abgepreßte Flüssigkeit wurde auf dem Wasserbade eingedampft; der Rückstand hinterließ beim Verkohlen und Glühen eine nicht unbeträchtliche Quantität Asche, in welcher Calcium, Alkalien und Chlor nachgewiesen wurden; diese letztgenannten Substanzen dürften wesentlich als Lösungsmittel für die Eiweißstoffe des Enchylema in Betracht kommen.

4. Der Wassergehalt des Protoplasma.

(Vergl. hierzu Abschnitt III.)

Das lebensthätige Protoplasma besteht aus Trockensubstanz und Wasser; das letztere hält die Bestandtheile des Enchylema in Lösung, während es die feste Gerüstsubstanz als Imbibitionswasser durchtränkt. Dieses chemisch nicht gebundene Wasser läßt sich durch Verdampfung verflüchtigen und somit von der Trockensubstanz trennen.

Durch sehr langes Stehenlassen im Exsiccator oder durch Erhitzen auf ungefähr 110° läßt sich die Trockensubstanz fast vollständig vom Wasser befreien, sodaß sie bei weiterem Erhitzen keine merkliche Gewichtsabnahme mehr zeigt; dieser Zustand mag als der *absolut* trockene bezeichnet werden. Wenn man solches absolut trockene Protoplasma dann längere Zeit an der Luft stehen läßt, am besten unter einer nicht schließenden Glasglocke, so nimmt es vermöge seiner Hygroscopicität eine gewisse Menge Wasserdampf auf, behält aber auch dann ein ziemlich constantes Gewicht. Dieser letztere Zustand wird

der *lufttrockene* genannt; man erreicht denſelben auch dadurch, daſs man das Protoplasma mehrere Stunden auf nur 100° erhitzt und dann der Luft exponirt, was deshalb von Wichtgkeit iſt, weil man immer gut thut, eine möglichſt niedere Temperatur anzuwenden, um Diſſociationen und Verflüchtigung gewiſſer Verbindungen auf ein Minimum zu beſchränken. Eine vollkommen genaue Trennung von Waſſer und Trockenſubſtanz im Protoplasma wird man ſchon aus dem Grunde nicht erreichen, weil einige flüchtige Subſtanzen z. B. Ammoniumcarbonat und Terpen, ſchon bei niederer Temperatur theilweiſe entweichen.

Um den Durchſchnittsgehalt des friſchen Protoplasma an Waſſer feſtzuſtellen, wurden von einer Reihe junger Fruchtköper, welche eben an der Oberfläche der Lohe ſich anſammelten, kleine Proben entnommen, mit einander vereinigt und im verſchloſſenen Gläschen gewogen; das Geſammtgewicht dieſer Durchſchnittsprobe von friſchem Protoplasma betrug 8,6900 *g*. Die abgewogene Subſtanz ward dann im Wägegläschen mit abſolutem Alkohol übergoſſen und in eine gewogene Platinſchaale geſpült, in dieſer mittelſt eines Platinſpatels ſo fein als möglich zerdrückt und der Alkohol auf dem Waſſerbade verdunſtet. Der Rückſtand ward im Trockenſchrank bei 100° ungefähr 6 Stunden lang getrocknet und dann unter einer nicht ſchlieſsenden Glasglocke auf den lufttrockenen Zuſtand gebracht. Das Protoplasma zeigte nunmehr eine Gewichtsabnahme von 6,2290 *g*, woraus ſich für das friſche Protoplasma ein Waſſergehalt von 71,6 pCt., ein Gehalt an lufttrockener Subſtanz von 28,4 pCt. ergiebt.

Wird die lufttrockene Subſtanz bei 110° oder durch monatelanges Stehen im Exsiccator bis zum conſtanten Gewicht getrocknet, ſo ergiebt ſich ein weiterer Verluſt an Waſſer. Bei einem bezüglichen Verſuche verlor lufttrockenes Protoplasma über Schwefelſäure 4,71 pCt. ſeines Gewichts an Waſſer.

5. Die Grundstoffe der Trockensubstanz.

Um die im Protoplasma enthaltenen Grundſtoffe feſtzuſtellen, trennt man zunächſt die verbrennlichen Beſtandtheile von den unverbrennlichen durch Veraſchung; man hat dann in der Aſche ſämmtliche Metalle und Nichtmetalle mit Ausnahme des Stickſtoffs in einer leicht zu beſtimmenden Form vertreten. Die Veraſchung geſchah in einem geöffneten Platintiegel, welcher in einer aus Almeroder Thonmaſſe gebrannten und durch Gasflammen heizbaren Muffel längere Zeit auf dunkle Rothgluth gebracht wurde. Die Conſtruction der Muffel geſtattete eine bequeme Regulirung der Temperatur, ſo daſs eine Verflüchtigung der Kohlenſäure und der Alkalien vermieden werden konnte. Auch wird man annehmen dürfen, daſs bei dem groſsen Gehalt des Protoplasma an Calciumcarbonat der ſämmtliche Phosphor der Aſche erhalten geblieben iſt.

Auſser den beim Glühen ganz oder theilweiſe verflüchtigten *Kohlenſtoff*, *Waſſerſtoff*, *Stickſtoff* und *Sauerſtoff* ergab die Prüfung der Aſche folgende Grundſtoffe: *Chlor*, *Schwefel*, *Phosphor*, *Natrium*, *Kalium*, *Magneſium*, *Calcium* und *Eiſen*.

Aus den Verbindungen dieſer Grundſtoffe ſetzt ſich demnach das Protoplasma von *Aethalium* zuſammen.

6. Analyse der Asche.

(Vergl. hierzu Abſchnitt III.)

Der Aſchengehalt des lufttrockenen Protoplasma ward mehrfach beſtimmt in verſchiedenen Proben, welche zu verſchiedenen Zeiten und an verſchiedenen Orten geſammelt waren. Es ergaben ſich hierbei nicht unbeträchtliche Differenzen im Aſchengehalt. Bei dieſen Beſtimmungen wurde das Glühen nur ſo weit fortgeſetzt, daſs noch ein kleiner Reſt von Kohle in der Aſche zurückblieb, und dieſer ward dann beſonders feſtgeſtellt. Im Folgenden iſt die von der lufttrockenen Subſtanz gelieferte Aſche aus vier verſchiedenen Proben, die zu verſchiedenen Zeiten und zum Theil an verſchiedenen Orten geſammelt waren, mitgetheilt:

Kohlefreie Afche	
	pCt.
1.	29,77
2.	28,62
3.	27,51
4.	40,87

Eine Anzahl von Kalkbeftimmungen macht es wahrfcheinlich, dafs diefe Schwankungen im Afchengehalt wefentlich auf dem wechfelnden Gehalt an Calciumcarbonat beruhen. Es ergaben fich beifpielsweife für einige der foeben angeführten Afchen folgende Mengen von CaO:

1. 54,17 pCt. der Kohlefreien Afche
2. 54,53 „ „ „ „

In der folgenden Zufammenftellung find die Durchfchnittswerthe aus zwei untereinander gut überftimmenden Afchenanalyfen mitgetheilt.

		pCt.
1.	Kohlenfäure (CO_2)	36,02
2.	Phosphorfäure (P_2O_5). . . .	6,49
3.	Schwefelfäure (SO_3)	0,42
4.	Chlor (Cl)	0,21
5.	Eifenoxyd (Fe_2O_3)	0,13
6.	Calciumoxyd (CaO)	54,34
7.	Magnefiumoxyd (MgO) . . .	0,71
8.	Kaliumoxyd (K_2O).	1,42
9.	Natriumoxyd (Na_2O)	0,18
	Zufammen	99,92

Aus der quantitativen Zufammenfetzung der Afche und aus den darin enthaltenen Verbindungen laffen fich keineswegs ohne Weiteres Schlüffe ziehen auf die Verbindungsform, in welcher die Grundftoffe der Afchenbeftandtheile im Protoplasma enthalten find. Dafs diefe letzteren ganz andere fein können, als fie in der Afche uns vorliegen, ergiebt fich fchon aus der Erwägung, dafs organifche Salze der Erdmetalle beim Glühen fich in Carbonate verwandeln müffen. Es ift

fogar noch fraglich, wie die gefundenen Säuren und Metalle fich in der Afche combiniren, und man ift auch darin theilweife auf Vermuthungen angewiefen.

Wahrfcheinlich find im lebenden Protoplasma das Chlor und das Natrium aneinander gebunden. Die Schwefelfäure ift als folche im Protoplasma der Fruchtkörper nicht enthalten, fondern nur ein Verbrennungsprodukt fchwefelhaltiger organifcher Subftanzen. Ein gleiches gilt von einem Theil der Phosphorfäure, der gröfsere Theil derfelben ift jedoch als Kaliumphosphat, Calciumphosphat und wahrfcheinlich als Magnefiumammonphosphat im Protoplasma vorhanden, worauf wir ebenfalls fpäter zurückkommen werden. Die Kohlenfäure präexiftirte zum grofsen Theile als Calciumcarbonat, nur ein Bruchtheil ift Verbrennungsprodukt und hat fich mit dem urfprünglich an organifche Säuren gebundenen Calcium vereinigt. Das Eifen endlich ift muthmafsllch auch als Phosphat im Protoplasma enthalten.

7. Elementaranalyse der organischen Substanz des Protoplasma.

(Vergl. hierzu Abfchnitt III).

Eine Elementaranalyfe des Protoplasma von *Aethalium septicum* kann *an fich* keinen gröfseren Werth beanfpruchen, als wenn man ein ganzes höheres Thier, z. B. eine Maus oder einen Frofch trocknen, pulverifiren und durch den Verbrennungsofen analyfiren wollte. Die Elementaranalyfe gewinnt jedoch in fofern Bedeutung, als man in der Kenntnifs des Gefammtgehaltes von N, C und H ein Mittel der Controle befitzt, welches für die Beftimmung einiger organifchen Verbindungen von Wichtigkeit werden kann.

Die Analyfen wurden nach bekannten Methoden durch vorfichtiges Verbrennen der lufttrocknen und pulverifirten Subftanz mit chromfaurem Blei unter Zufatz von $\frac{1}{10}$ faurem chromfaurem Kalium ausgeführt.

Um jedoch die Zufammenfetzung auf die Trockenfubftanz beziehen zu können und fomit Anhaltspunkte für die Menge des in organifcher Verbindung enthaltenen Wafferftoffs zu gewinnen, wurde

eine Wafferbeftimmung in der Weife vorgenommen, dafs eine abgewogene Menge derfelben Subftanz, die zu den Verbrennungen diente, über Schwefelfäure bis zum conftanten Gewicht getrocknet wurde. Der N-Gehalt wurde nach der Methode von DUMAS feftgeftellt.

Das im vorigen Paragraphen sub 1 aufgeführte Protoplasma ergab folgende Zufammenfetzung:

I.

	pCt der lufttr. Subftanz	pCt. der Trockenfubftanz
C . . .	38,56	40,52
H . . .	5,82	6,10
N . . .	5,63	5,91

II.

C . . .	38,61	40,47
H . . .	5,99	6,29
N . . .	5,39	5,65

8. Die in Aether löslichen Bestandtheile des Protoplasma.

Für die Extraction mit Aether ward lufttrockene Subftanz verwendet. Im Extrahiren wurde der Apparat von TOLLENS benutzt, deffen Befchreibung hier in der von uns gewählten Zufammenftellung folgen möge. An einem hochftehenden Eifenftativ war ein LIEBIGfcher Kühler in fenkrechter Stellung befeftigt, in deffen unteres Ende ward mittelft eines Korkes ein weites Glasrohr *A* dicht eingefügt, fodafs es mit feiner Axe in die Verlängerung des Kühlers fiel; an feinem unteren Ende befafs dies Rohr eine Verjüngung, mittelft deren es durch einen Kork in den Hals eines Kolbens eingedichtet wurde, welcher im Uebrigen frei in der Luft fchwebte, fodafs der ganze Apparat durch den am Stativ befeftigten Kühler getragen wurde. Das eigentliche Extractionsgefäfs ward jetzt in Form einer cylindrifchen, auf beiden Seiten offenen Glasröhre von etwa 200 *mm* Länge hergerichtet, deren unteres Ende mit trockenem Fliefspapier überbunden

ward, und welche dann mit der zu extrahirenden Subſtanz beſchickt wurde. Jetzt ward das Extractionsröhrchen in das Glasrohr *A* eingeſetzt, in welchem es aufrecht ſtand und mit dem unteren, mit Fließpapier überbundenen Ende auf dem ſich verjüngenden Halſe dieſes Rohres ruhte, wo es übrigens noch durch einen Glasring aufgeſtützt ward, um die Circulation der Aetherdämpfe zu erleichtern. Sollte die Extraction beginnen, ſo ward zunächſt eine Quantität Aether in die obere Oeffnung des LIEBIG'ſchen Kühlers eingegoſſen; derſelbe lief aus deſſen unterer Mündung in das genau darunter ſtehende Extractionsröhrchen, von welchem er, das Protoplasma durchſickernd, in den darunter angebrachten Kolben tröpfelte. War der letztere etwa zur Hälfte mit dem bereits gelb gefärbten Aether angefüllt, ſo ward dieſer durch ein kleines, frei darunter geſetztes Flämmchen zum Sieden gebrach tund empor deſtillirt, wobei die Aetherdämpfe, zunächſt neben dem Extractionsröhrchen vorbeiſtreichend, in den Kühler gelangten und hier condenſirt wurden, ſo daſs ein continuirlicher Aetherſtrom aus dem Kühler in das Extractionsröhrchen hineinträufelte und das darin enthaltene Protoplasma von den in Aether löslichen Beſtandtheilen befreite. Die Extraction wurde ſo lange fortgeſetzt, bis eine Probe des aus dem Extractionsröhrchen unten abtropfenden Aethers im Uhrſchälchen verdunſtet, keinen merklichen Rückſtand mehr hinterließs. Von Wichtigkeit iſt bei dieſem Verfahren die ſorgfältige Ueberwachung und Regulirung des Flämmchens. Zur Herſtellung deſſelben ward der Schornſtein eines gewöhnlichen BUNSEN'ſchen Brenners abgeſchraubt und an ſeiner Stelle mittels eines kleinen durchbohrten Korkes ein etwa 50 *mm* langes und oben in eine feine Oeffnung ausgezogenes Glasröhrchen eingefügt, auf deſſen Spitze man durch Oeffnen und Schlieſsen des Hahnes ein Flämmchen von jeder beliebigen Gröſse hervorzurufen vermochte*).

Die hier beſchriebene Methode der Extraction mit Aether iſt, wie bereits erwähnt, die von TOLLENS empfohlene. Wo es ſich

*) Dieſe Vorrichtung iſt auch geeignet, einen Erſatz für die bei den Pflanzenphyſiologen ſo beliebten Nachtlichter zu gewähren.

nicht um quantitative Erfchöpfung der Subftanz, fondern um rafche Befchaffung einer gröfseren Menge von Aetherextract handelte, ward an der Stelle des Glasrohrs *A* ein in der Mitte bauchig erweitertes Glasgefäfs in den Apparat eingefetzt; der untere enge Hals deffelben ward ziemlich feft voll Baumwolle geftopft, und die zu extrahirende Subftanz dann direkt in den erweiterten Theil diefes Glasgefäfses eingefüllt. Ein dünnes Glasrohr lief aus dem Halfe des den Aether aufnehmenden Kolbens durch den Baumwollpfropf und das trockene Protoplasma in den oberen leeren Raum des Extractionsgefäfses, durch diefes Rohr vermochten die Aetherdämpfe zu entweichen, der im Kühler condenfirte Aether filtrirte dann durch das Protoplasma und die Baumwolle in den Kolben zurück.

War die Extraction beendet, fo ward der Aether abdeftillirt, und das reftirende Extract weiter verarbeitet.

Die Ausbeute an Aetherextract aus lufttrocknem Protoplasma ward zu fechs Malen beftimmt, wobei wenigftens theilweife auf den Afchengehalt der zur quantitativen Beftimmung dienenden Protoplasma-Probe Rückficht genommen wurde, indem die laufenden Nummern der folgenden Tabelle den Nummern der Tabelle des Afchengehalts auf S. 14 entfprechen.

Es ergaben fich folgende Werthe*):

	Aetherextract des lufttrocknen Protoplasma pCt.
1.	6,08
2.	6,06
3.	8,13
4.	5,36
5.	5,40
6.	6,04

Ward die ganze Menge des Aetherextractes mit wenig warmem abfolutem Aether aufgenommen, fo fchieden fich bei längerem Stehen

*) Vergleiche die analytischen Belege.

in der Kälte weifse, perlmutterartig glänzende, kryftallinifche Blättchen oder Nadeln aus, welche aus *Paracholesterin**) beftanden. Die Kryftalle wurden von der Mutterlauge abfiltrirt und abgeprefst, dann durch Umkryftallifiren, zuletzt aus Alkohol, gereinigt. Während die Kryftallifationen aus Aether ftets noch einen intenfiven Geruch nach dem in Aether fchwer löslichen, bei Befprechung des Alkoholextractes genauer zu erwähnenden *Terpen* befafsen, fo verlor fich diefer, fobald das Paracholefterin aus Alkohol umkryftallifirt ward, in welchem dasfelbe fchwerer, das Terpen jedoch leichter löslich ift, als im Aether.

Die Mutterlauge des Paracholefterins**) ward nunmehr mit alkoholifcher Kalilauge verfeift und mit Aether ausgefchüttelt; aus diefer ätherifchen Löfung kryftallifirte ebenfalls noch eine nicht unbeträchtliche Quantität von Paracholefterin, endlich auch eine geringe Menge von *normalem Cholefterin*, welches durch feine characteriftifche Reaction mit Chloroform und Schwefelfäure fich leicht als folches unterfcheiden läfst.

Die Menge des im Aetherextracte enthaltenen Paracholefterins und Cholefterins wurde bei einer auf möglichft vollftändige Ausbeutung deffelben gerichteten Verarbeitung zu 21 pCt. beftimmt. Durch das fractionirte Auskryftallifiren läfst fich das Paracholefterin von Beimengungen des nur in geringer Quantität vorhandenen Cholefterins völlig frei erhalten.

Der Aetherextract von *Aethalium* ift nach vollftändiger Verjagung des Aethers nicht geruchlos. Der Geruch wird hauptfächlich hervorgerufen durch das bereits erwähnte Terpen, fowie durch flüchtige Fettfäuren, welche darin offenbar in freiem Zuftande enthalten find. Wenn man eine Portion des Aetherextractes in einem Kolben mit etwas Waffer übergiefst, erwärmt, durchfchüttelt und dann deftillirt,

*) Ueber die Characteriftik diefes von uns unterfchiedenen Alkohols vgl. unferen demnächft in LIEBIG'S Annalen erfcheinenden Auffatz.

**) In unferer vorläufigen Mittheilung haben wir auch Fettfäurenparacholefteride unter den Beftandtheilen des Protoplasma aufgeführt, eine Angabe, die auf Irrthum beruht und hier deswegen berichtigt werden foll. Was wir anfangs für Efter von Paracholefterin und Fettfäuren anfahen, erwies fich fpäter als ein Gemenge von Paracholefterin mit Kalkfeifen.

ſo reagirt das Deſtillat deutlich ſauer und entwickelt einen Geruch nach *Butterſäure* und *Capronſäure;* für die Anweſenheit der letzteren ſprechen auch kleine Tropfen, welche auf der Oberfläche des Deſtillates ſchwimmen.

Durch die oben erwähnte Verſeifung mittelſt alkoholiſcher Kalilauge waren die geſammten Fettſäuren des Aetherextractes in die Form von Kaliumſalzen übergeführt worden. Der Alkohol ward aus der Seifenlöſung zum gröſsten Theil durch Verdunſtung auf dem Waſſerbade entfernt und die zurückbleibende Maſſe wiederholt mit Aether ausgeſchüttelt. Der Aether nimmt dabei das Paracholeſterin auf, welches aus der ſtark concentrirten aetheriſchen Löſung in Blättchen oder Nadeln kryſtalliſirt. Die Mutterlauge des Paracholeſterins giebt mit Chloroform und Schwefelſäure die Choleſterin-Reaction. Die reſtirende wäſſrige Löſung ward mit verdünnter Schwefelſäure neutraliſirt, wobei ſich feſte Fettſäuren abſchieden, welche auf einem naſſen Filter geſammelt und mit heiſsem Waſſer möglichſt ausgewaſchen wurden. Das Filtrat hiervon ward jetzt mit Schwefelſäure angeſäuert und der Deſtillation unterworfen; das Deſtillat reagirte ſauer von den übergegangenen flüchtigen Fettſäuren; es wurde mit Natriumcarbonat neutraliſirt und auf dem Waſſerbade zur Trockne abgedampft. Der Rückſtand ward mit wenig Waſſer aufgenommen und mit Schwefelſäure zerſetzt, wobei ſich kleine Tröpfchen und Flocken abſchieden, die von der Flüſſigkeit durch ein naſſes Filter getrennt wurden. Das Filtrat wurde wieder abdeſtillirt. Im Anfange war das Deſtillat trübe und es ſammelten ſich kleine Tröpfchen auf ſeiner Oberfläche, die ſich nach und nach zu einem groſsen Tropfen vereinigten, die Trübung rührte jedenfalls wenigſtens zum Theil von dem oben erwähnten Terpen her (Deſtillat I). Als ſpäter das Deſtillat anfing klar zu werden, wurde die Vorlage gewechſelt (Deſtillat II). Endlich wurde die Vorlage noch einmal gewechſelt (Deſtillat III).

Das Deſtillat I wurde mit Chlorcalcium bis zur Sättigung verſetzt, wodurch ſich auf demſelben eine dünne Oelſchicht abſchied, die einen ſcharfen Geruch nach Capronſäure entwickelte. Dieſe Oel-

schicht ward mit Aether aufgenommen, der Aether mit Barytwaffer durchgeschüttelt und so die Fettsäure am Baryum gebunden. Zur Entfernung des überschüssigen Baryts wurde dann CO_2 bis zur neutralen Reaction durchgeleitet, auf dem Wasserbade eingeengt, vom $BaCO_3$ abfiltrirt, und das Filtrat verdunsten gelassen. Das hierbei sich ausscheidende Baryumsalz bestand unter dem Mikroskop aus feinen, büschelförmig vereinigten Nadeln. Diese Krystallform wird für das Capronat des Baryums als characteristisch angegeben, während das Propionat in rhombischen Säulen, das Butyrat in perlglänzenden Plättchen, das Valerianat ebenfalls in Blättchen, das Caprylat in fettglänzenden Schüppchen krystallisiren soll.

Vom Destillat II ward ebenfalls die Baryumverbindung hergestellt, welche zum gröfsten Theil in Blättchen, zum kleinen Theil jedoch in büschelförmigen Nadeln auskrystallisirte. Dagegen trocknete das aus Destillat III gewonnene Baryumsalz zu einer spröden glasartigen Masse ein.

Von den Salzen der Destillate I und II ward eine ausreichende Menge gewonnen, um eine Barytbestimmung vornehmen zu können*). Bei I wurden 43,41 pCt. Ba gefunden, woraus auf die Anwesenheit von Buttersäure geschlossen werden durfte, denn für Baryumbutyrat berechnen sich 44,05 pCt. Ba; im Salze des Destillats II wurden 47,53 pCt. Ba gefunden. Das Baryumpropionat enthält der Formel nach 48,41 pCt Ba. Die geringe Abweichung wird aber erklärlich, wenn man berücksichtigt, dafs sich Propionsäure und Buttersäure durch einmalige fractionirte Destillation nicht scharf trennen lassen und dafs also das Salz des Destillats II mit dem Salz des Destillats I etwas verunreinigt war. Man wird deshalb nach der Bestimmung die Anwesenheit von *Propionsäure* annehmen können.

Die beim Zersetzen der Natriumsalze abgeschiedenen Flocken und Tröpfchen, welche beim Abfiltriren durch ein nasses Filter auf diesem zurückgeblieben waren, wurden im Aether aufgenommen, der Aether

---

*) Vergleiche die analytischen Belege.

mit Barytwaffer gefchüttelt, wobei fich ein flockiger Niederfchlag abfchied. Der Aether wurde vom Barytwaffer abgegoffen und in letzteres zur Entfernung des überfchüffigen Ba $(OH)_2$ Kohlendioxyd bis zur neutralen Reaction eingeleitet. Dann ward bis zur Trockne eingedampft, der Rückftand mit heifsem Alkohol ausgezogen. Es ging in den Alkohol ein Baryumfalz, muthmafslich das *Caprinat*, über, welches jedoch beim Verdunften des Löfungsmittels nicht kryftallifirte.

Die *nicht flüchtigen* fetten Säuren des Aetherextractes ftellten bei Zimmertemperatur eine theilweife fefte, theilweife aber flüffige braune Maffe dar. Da die Oelfäure die einzige nicht flüchtige fette Säure, die noch bei Zimmertemperatur flüffig ift, fo kann man wohl annehmen, dafs diefelbe in dem Gemifch vertreten war. Zur Reinigung und Trennung der feften Fettfäuren von der Oelfäure wurde in Alkohol gelöft, mit Natriumhydroxyd verfeift und die heifse alkoholifche Löfung der Seifen mit einer gefättigten wäfferigen Löfung von Baryumacetat ausgefällt. Der Niederfchlag ward abgeprefst und dann mit heifser wäfferiger Salzfäure zerlegt, wobei fich die fetten Säuren als eine Oelfchicht abfchieden. Nach dem Erkalten wurden diefelben durch Ausfchütteln mit Aether von der wäfferigen Flüffigkeit ge trennt, die aetherifche Löfung auf ein kleines Volumen eingedampft und dann ftark abgekühlt. Die fetten Säuren fchieden fich aus, wurden durch Abpreffen von der aetherifchen Mutterlauge befreit und dann aus Alkohol folange umkryftallifirt, bis fie ihre gelbe Farbe verloren hatten. Der Schmelzpunct der fo refultirenden fetten Säuren lag bei 69,4°. Da der Schmelzpunct der Stearinfäure bei 69,2° liegt, fo glaubten wir, ziemlich reine Stearinfäure vor uns zu haben. Eine Elementaranalyfe zeigte aber, dafs diefe Annahme nicht richtig war, denn fie ergab im Durchfchnitt von zwei Beftimmungen:

C . . 77,63 pCt.
H . . 13,09 „

während fich aus der Formel der Stearinfäure $C_{18}H_{36}O_2$

C . . 76,05 pCt.
H . . 12,67 „

berechnen. Es mufs deshalb angenommen werden, dafs hier ein Gemifch von Stearinfäure mit Säuren von höherem und niederem Kohlenftoffgehalt vorgelegen hat, welches nur zufällig den Schmelzpunct der Stearinfäure zeigte; jedenfalls wird Palmitinfäure in diefem Gemenge nicht fehlen.

In allen Fällen zeigte der Aetherextract des Protoplasma beim Verbrennen auf Platinblech Spuren einer weifsen Afche, welche aus *Kalk* beftand. In einzelnen Fällen, wo das Protoplasma vor der Extraction mit Aether weniger forgfältig getrocknet worden war, erwies fich diefer Gehalt an Kalk als bedeutender. Ward in folchem Falle das gewonnene Extract zur Trockne gebracht und dann wieder mit abfolutem Aether aufgenommen, fo blieb die erwähnte Calciumverbindung ungelöft zurück. Sie beftand in dem einen Falle, wo fie in gröfserer Quantität in den Aetherextract übergegangen war, aus einer weifsen feifenartigen Maffe. Auf dem Platinblech erhitzt, fchmolz diefelbe zu einer bräunlichen Flüffigkeit, um dann unter Aufblähung und Entwicklung eines Geruches nach verfengtem Fett mit heller, rufsender Flamme zu verbrennen und einen weifsen Rückftand von Kalk zu hinterlaffen. Es war unzweifelhaft eine Verbindung von Calcium mit einer fetten Säure. Ward die Seife mit Salzfäure erwärmt, fo löfte fie fich darin unter Abfcheidung von Tropfen, die beim Erkalten zu einer feften Maffe erftarrten. Ward diefe Maffe durch Ausfchütteln in Aether aufgenommen zur Trockne eingedunftet, und der Rückftand in Alkohol gelöft, fo kryftallifirte aus diefem die fette Säure in Blättchen, beftand alfo wohl vorzugsweife aus *Stearinfäure;* dafs diefe jedoch nicht rein, fondern jedenfalls mit Spuren anderer Fettfäuren gemengt war, bewies ihr fchon bei 58° liegender Schmelzpunkt. Es waren alfo aufser dem *Calciumftearat* wahrfcheinlich auch noch etwas *Palmitat* und *Oleat* in den Aetherextract übergegangen.

Da nun aus diefer Beobachtung fich bereits die Anwefenheit von Calciumverbindungen der höheren Fettfäuren im Protoplasma von *Aethalium* ergab, diefelben aber in noch gröfserer Menge aus dem

Alkoholextracte gewonnen wurden, ſo war es erwünſcht, auch die in der Form von Calciumſalzen gebundenen Fettſäuren quantitativ zu beſtimmen.

Zu dem Ende wurde eine gewogene Menge Protoplasma, welches bereits mit Aether bis zur vollſtändigen Erſchöpfung extrahirt worden war, mit verdünnter Salzſäure gekocht, wobei ſämmtliches fettſaure Calcium zerlegt wird. Der Rückſtand wurde abfiltrirt und bis zur neutralen Reaction mit H_2O gewaſchen, dann auf dem Filter getrocknet und mit dem Filter im Extractionsapparate durch Aether ausgezogen. Es gingen nunmehr ſämmtliche, vorher an Calcium gebundene höhere Fettſäuren in Löſung, ſie beſtanden aus einem Gemenge von feſten Fettſäuren und Oelſäure, ihre Quantität betrug nicht weniger als 5,13 pCt. des lufttrocknen mit Aether ſchon extrahirten Protoplasma. —

Die oben (S. 9) erwähnte, durch Abpreſſen gewonnene Gerüſtſubſtanz ward getrocknet und darauf mit Aether extrahirt. Der hieraus gewonnene Aetherextract beſtand zum gröſseren Theile aus Paracholeſterin, welches danach vorwiegend in der Gerüſtſubſtanz vertheilt zu ſein ſcheint. Dieſer Aetherextract der Gerüſtſubſtanz wurde in einer Platinſchale durch Erwärmen zum Schmelzen gebracht, dann pulveriſirtes Baryumhydroxyd, welches beim Veraſchen die Phosphorſäure binden ſollte, darin eingetragen und mit dem Aetherextract verrieben. Dieſe Maſſe ward dann über einer Gasflamme verkohlt und geglüht, der Rückſtand mit Salpeterſäure aufgenommen und filtrirt; in dem klaren Filtrate erzeugte molybdänſaures Ammonium einen reichlichen gelben Niederſchlag, wodurch die Anweſenheit von Phosphor im Aetherextract des Protoplasma nachgewieſen wurde. Bei der alkaliſchen Reaction des Protoplasma muſs dieſer Phosphor als *Lecithin* in den Aether übergegangen ſein, und dürfte dieſer Körper vorwiegend im ungelöſten Zuſtande an die Gerüſtſubſtanz gebunden ſein. Um direkt auf Glycerinphosphorſäure zu prüfen, ward eine andere Quantität Aetherextract mit Alkohol aufgenommen, mit einer Löſung von Natriumcarbonat verſetzt, durchgeſchüttelt, um die freien Fett-

fäuren zu binden, zur Trockne eingedampft, wieder mit Aether extrahirt und der Aether abdeftillirt. Der Rückftand ward dann andauernd mit einer gefättigten Löfung von Baryumhydroxyd gekocht und in dem auf diefe Weife entftandenen glycerinphosphorfaurem Baryum die Glycerinphosphorfäure nach dem Verfahren von HOPPE SEYLER*) nachgewiefen.

Zum Zweck des Nachweifes von *Glycerin,* welches in Form von Fettfäure-Glyceriden vorhanden war, wurde der Aetherextract verfeift, die Seifenlöfung zur Entfernung des Paracholefterins mit Aether ausgefchüttelt, dann mit Schwefelfäure zerlegt und von den ausgefchiedenen Fettfäuren durch ein naffes Filter abfiltrirt. Das Filtrat wurde mit Kalilauge genau neutralifirt, eingedampft und die zurückbleibende Salzmaffe mit einem Gemifch von Aether und Alkohol (1 Theil Alkohol auf 1½ Theile Aether) ausgezogen. Der nach dem Verdunften des Aether-Alkohols bleibende fehr geringe Rückftand gab mit faurem fchwefelfaurem Kalium erhitzt den ftechenden Geruch der Acroleindämpfe, wodurch die Anwefenheit von *Glycerin* dargethan wird. Jedenfalls find Glyceride im Aetherextract von *Aethalium* nur in fehr geringer Menge enthalten, *der weitaus gröfsere Theil der Fettfäuren ift frei.*

Endlich war es erwünfcht, die in Aether übergehenden Beftandtheile der Sporen mit denjenigen des Protoplasma zu vergleichen. Der Aetherextract der Sporen unterfchied fich von dem des Protoplasma durch eine hellere Färbung, eine öfters körnig ausfehende Confiftenz und feine viel geringere Quantität. Es gelang aus lufttrockenen Sporen durch achttägige Ausziehung nur 1,72 pCt. Aetherextract zu gewinnen.

Der Aetherextract aus Sporen befitzt im trocknen Zuftande eine wachsartige Befchaffenheit, mit dem Mikrofkope laffen fich darin aus Nadeln zufammengefetzte Kryftallgruppen unterfcheiden. Ward derfelbe wiederholt mit Alkohol behandelt, fo ging ein Theil in Löfung; der zurückbleibende Theil verlor feine klebrige wachsartige Befchaffen-

*) Zeitfchrift für phyfiologifche Chemie B. III, S. 378.

heit, ward krümelig und liefs fich mit einem Glasftabe zerreiben. Auf dem Platinblech verbrannt, hinterliefs er Afche; ward er mit Salzfäure gekocht, fo fchieden fich Fetttröpfchen ab. Die von diefen Fetttröpfchen abfiltrirte Flüffigkeit ward mit Ammoniak neutralifirt, mit Effigfäure wieder angefäuert und mit Ammoniumoxalat verfetzt: es entftand ein Niederfchlag von Calciumoxalat, fo dafs auch diefer Theil des Aetherextractes der Sporen aus Calciumverbindungen fetter Säuren befteht. Die aus dem Aetherextract gewonnene alkoholifche Löfung wurde auf dem Wafferbade bis auf einen kleinen Reft verdampft, der letztere langfam zur Trockne eingedunftet, wobei fich in dem feften Rückftande wenig gut ausgebildete Kryftallblättchen ausfchieden. Der Rückftand ward nun wieder mit Aether in der Wärme fo lange behandelt, bis er gelöft war. Die ätherifche Löfung fchied nach erfolgter Einengung beim Erkalten einen gallertig-flockigen Niederfchlag ab, welcher abfiltrirt wurde; diefer Niederfchlag hinterliefs beim Verbrennen auf Platinblech eine aus Kalk beftehende Afche. Aus der ätherifchen Löfung kryftallifirte beim Verdunften *Paracholefterin* in Nadeln; die gelb gefärbte Mutterlauge diefer Kryftalle gab mit Chloroform und Schwefelfäure eine fchwache Reaction auf normales *Cholefterin*. Freie Fettfäuren und Glyceride derfelben fcheinen im Aetherextract der Sporen nur in geringer Menge vorzukommen. Dagegen ift Lecithin bereits durch O. LOEW (vgl. oben S. 6) im Aetherextracte der Sporen nachgewiefen worden.

9. Extraction mit Alkohol.

Sobald man Plasmodien von *Aethalium* mit Alkohol digerirt, nimmt der Letztere einen gelben Farbftoff auf, welcher mit dem in Aether fich löfenden Farbftoffe identifch ift.

Um die übrigen, in Alkohol fich löfenden Subftanzen prüfen zu können, ward das bereits mit Aether extrahirte und dann wieder getrocknete Protoplasma in dem zur Aetherextraction dienendem Apparate durch deftillirenden Alkohol abfolutus erfchöpft. Es ging eine, den Alkohol bernfteinbraun färbende Subftanz in Löfung, welche zur

Trockene verdampft und dann auf dem Platinblech verbrannt, einen aus Kalk beſtehenden Rückſtand hinterließs. Mit Natrium in einem einſeitig verſchloſſenen Röhrchen verbrannt, ließs ſich darin eine Spur von Stickſtoff nachweiſen, während die Prüfung mit FEHLING'ſcher Löſung die Abweſenheit von reducirendem Zucker zu erkennen gab.

Aus der erkalteten alkoholiſchen Löſung ſchied ſich ein voluminöſer, flockiger, weiſslicher Niederſchlag ab, welcher, durch Auswaſchen mit kaltem Alkohol gereinigt, beim Trocknen zu einer dünnen gelblichen Kruſte zuſammenſchrumpfte, die in heiſsem Waſſer ſich theilweiſe löſte. Der im Waſſer lösliche Theil des Niederſchlages beſtand aus einem Gemenge von *Calciumacetat* und *Calciumformat*, während der in Waſſer unlösliche Theil von *Calciumſalzen* der *Oelſäure*, der *Palmtiinſäure* und *Stearinſäure* gebildet wurde.

Der in Löſung verbleibende Theil des Alkoholextractes gab beim Eindampfen eine ſchmierige, braune, unangenehm aromatiſch riechende Subſtanz, welche als ein in Aether unlösliches *Weichharz* bezeichnet werden kann. Es gelingt bei dem ſoeben angedeuteten Verfahren aber nicht, die einzeln namhaft gemachten Subſtanzen vollkommen von einander zu trennen, weil namentlich das Harz ſich ſtets emulſionsartig einem wäſſrigen Aufguſſe mittheilt und ſich durch Filtriren nicht abſcheiden läſst.

Um eine vollſtändige Sonderung zu erreichen, ward deſshalb das vorher mit Aether erſchöpfte Protoplasma *zunächſt* mit Wasser ausgezogen, wodurch das Acetat und Format des Calciums entfernt wurden, dann die Subſtanz wieder ſorgfältig getrocknet und nun erſt in der beſchriebenen Weiſe mit Alkohol ausgezogen. Das jetzt erhaltene Extract beſtand ausſchlieſslich aus Harz und Kalkſeifen nebſt etwas Farbſtoff.

Eine quantitative Beſtimmung ergab in dem mit Aether extrahirten, mit Waſſer ausgewaſchenen und auf den lufttrocknen Zuſtand gebrachten Protoplasma einen Gehalt von 2,3 Gewichtsprocenten Alkoholextract.

Wird die aus dem mit Waſſer extrahirten Protoplasma gewonnene alkoholiſche Löſung auf dem Waſſerbade eingeengt, ſo ſcheidet ſich beim Erkalten ein weiſsliches Sediment von Kalkſeifen aus. Dieſelben bilden geſonderte, bis 1 *mm* im Durchmeſſer haltende ſphäriſche Kryſtallgruppen, welche aus radial geſtellten, dünnen mikroſkopiſchen Prismen gebildet werden; ſie ſind weich, ſodaſs ſie ſich unter dem Deckglaſe zerdrücken laſſen. Auf dem Platinblech verkohlt, liefern ſie einen, nach unvollkommen verbrennendem Fette riechenden Qualm und hinterlaſſen viel Aſche, welche aus Kalk beſteht. Den Reſt der im Alkohol gelöſten Kalkſeifen kann man vollſtändig durch Ammoniak ausfällen; es bleibt dann das nunmehr gänzlich aſchenfreie, kratzend-bitter ſchmeckende und ſcharf aromatiſch riechende Weichharz in Löſung. Wird dieſe alkoholiſch-ammoniakaliſche Löſung des Harzes durch einen Ueberſchuſs von HCl angeſäuert, ſo ſcheidet das Harz ſich anfangs als Emulſion aus und ſammelt ſich ſchlieſslich in bräunlicher Schicht an der Oberfläche der Flüſſigkeit.

Der im Alkohol ſchwerer lösliche Theil der Kalkſeifen, welche ſchon beim Erkalten der Löſung in kryſtalliniſcher Form ſich ausſcheidet, ſcheint zum gröſsten Theile aus Calciumpalmitat zu beſtehen mit wenig Oleat und vielleicht etwas Stearat gemengt; das letzt genannte Salz ſcheint auch in ſiedendem Alkohol ſehr ſchwer löslich zu ſein. Der in Alkohol leichter lösliche und erſt auf Zuſatz von NH_3 ausfallende Theil der Seifen beſteht dagegen vorwiegend aus Calciumoleat. Werden die in Rede ſtehenden, ſtets ein Gemenge bildenden Kalkſalze mit HCl gekocht, ſo zerſetzen ſie ſich, die Fettſäuren werden frei und laſſen ſich mit Aether ausſchütteln, welcher dann beim Verdunſten auf einem Uhrſchälchen gelbliche Tropfen von Oelſäure hinterläſst, in deren Innerm Kryſtalle von Palmitinſäure zur Ausbildung gelangen, welche man an den büſchelig gruppirten Nadeln erkennt.

Im Alkoholextracte, und zwar mit dem Weichharz gemengt, iſt auch eine flüchtige Subſtanz von ziemlich unangenehmem Geruch enthalten, welche jedenfalls der wirkſamſte Beſtandtheil des eigenthüm-

lichen Geruches ist, den das frische Protoplasma besitzt. Dieser Stoff ist auch in Aether löslich, aber viel weniger als in Alkohol, und unlöslich in Wasser. Wenn man das aus dem Alkoholextracte gewonnene Harz oder auch den ganzen Alkoholextract mit Wasser in einem Kolben zu einer Emulsion durchschüttelt und dann das Wasser abdestillirt, so entweicht die in Rede stehende flüchtige Substanz mit den Wasserdämpfen und läfst sich mit diesen in einem Kühlgefäfs condensiren. Hierbei verdichtet sich die Substanz zum Theil an den Wänden des Glasgefäfses, sie bildet dann durchscheinende farblose Krusten, welche auf Wasser schwimmen; der gröfsere Theil jedoch mengt sich mit dem Wasser zu einer äufserst feinen, opalisirenden Emulsion. Wenn man diese Emulsion von Neuem abdestillirt, so gelingt es nicht, die Substanz in gröfserer Menge vom Wasser zu trennen, und konnte hierzu überhaupt kein Weg ausfindig gemacht werden. Wegen ihres Vorkommens in dem Harze und ihrer Eigenschaften dürfte kaum ein Zweifel darüber bestehen, dafs diese Substanz in die Gruppe der Terpene und Campherarten gehört; für eine analytische Untersuchung war die Ausbeute allerdings viel zu gering, wir wollen jedoch die Substanz der Kürze wegen im Verlauf dieser Abhandlung als *Terpen* aufführen, ohne damit über die etwa später zu gewinnende Feststellung seiner Zusammensetzung etwas präjudiciren zu wollen.

Was endlich die Eigenschaften des aus Aethalium gewonnenen Harzes anlangt, so ist unzweifelhaft, dafs dasselbe, wie alle natürlichen in der Pflanze vorkommenden Harze ein Gemenge verschiedener chemischer Individuen repräsentirt. Eine genauere chemische Untersuchung dieses Harzes wurde nicht vorgenommen; einmal wegen der grofsen Schwierigkeit, welche die chemische Zergliederung der Harze mit sich bringt, sodann auch, weil unser Vorrath für eine solche Bearbeitung nicht ausgereicht haben würde. Das Aethaliumharz bildet in dem aus Alkohol durch Ammoniumhydroxyd abgeschiedenen Zustande eine braune durchscheinende, bei Zimmertemperatur plastisch weiche, fadenziehende Substanz von eigenthümlichem Geruch und kratzend aromatischem Geschmack, welche in Wasser und Aether unlöslich, in

Alkohol dagegen leicht löslich ift, und bei längerem Stehen an der Luft ziemlich feft wird. Dafs in diefem unreinen Harze eine Säure enthalten ift, dürfte an fich kaum zweifelhaft fein, es wird aber durch folgende Beobachtung noch speciell darauf hingewiefen. Eine Portion des Harzes wurde mit einer Löfung von Ammoniumcarbonat in einem verfchoffenen Kolben durchgefchüttelt und drei Monate lang ftehen gelaffen. Während diefer Zeit hatten fich auf dem Boden des Glasgefäfses grofse, farblofe Kryftallnadeln abgefetzt, welche von kaltem Waffer nur fchwer angegriffen wurden, in Alkohol und fiedendem Waffer fich dagegen löften, aus letzterem jedoch nicht wieder auskryftallifirten. Vermuthlich beftanden diefe Kryftalle aus einer Ammoniumverbindung der Harzfäure. Prismatifche und nadelförmige Kryftalle bildeten fich auch nach längerem Stehen in Harz, welches in Ammoniumhydroxyd gelöft und durch Verdampfen deffelben ausgefchieden worden war. Ferner mag noch hervorgehoben fein, dafs auch im Alkoholextract der Sporen Terpen, Harz und Kalkfeifen enthalten find.

Was endlich die Vertheilung des Harzes im Protoplasma anlangt, fo fcheint daffelbe grofsentheils, wenn nicht vorwiegend an die Gerüftfubftanz gebunden zu fein; wenigftens wurde beim Ausziehen der feften, durch Abpreffen gewonnenen Gerüftfubftanz mit Alkohol nach Schätzung ungefähr ebenfo viel Harz beim Abdeftilliren des Alkohols erhalten, als man aus einer äquivalenten Protoplasmamenge gewonnen haben würde.

10. Extraction mit Wasser. — Kohlenhydrate.

Die wäffrigen Auszüge wurden aus lufttrockenem Protoplasma entnommen, welches vorher mit Aether erfchöpft war. Nachdem die Subftanz eine oder einige Stunden auf dem Wafferbade mit Waffer erhitzt worden war, ward die Löfung abgeprefst und filtrirt, fie erfchien nunmehr fchwach gelblich gefärbt und leicht opalifirend. Diefelbe wurde jetzt mit Bleieffig gefällt, vom Niederfchlage abfiltrirt, durch Schwefelwafferftoff entbleit, wodurch fie fich vollkommen klärte. Diefe Löfung bleibt beim Kochen klar, auch nach Zufatz von Salpeterfäure

und weiterem Erhitzen. Nunmehr auf ein geringes Volumen eingedampft, ward zu dieſer concentrirten Löſung heiſser Alkohol im groſsen Ueberſchuſs zugeſetzt; derſelbe bewirkte in der heiſsen Flüſſigkeit keine Fällung; erſt beim Erkalten bildete ſich eine geringfügige, flockige Ausſcheidung, welche auf Platinblech verbrannt, keinen Horngeruch entwickelte. Die alkoholiſche Löſung wurde durch Eindampfen concentrirt und im Exſiccator verdunſtet. Es blieb eine ſpröde, hellbraune, nicht kryſtalliniſche Maſſe zurück, welche mit Natrium erhitzt, deutliche Stickſtoff-Reaction gab, und beim Verbrennen auf Platinblech eine ſtarke, groſsentheils aus Kalk beſtehende Aſche hinterlieſs. Ward die trockene Maſſe mit Soda und Salpeter im Platintiegel verbrannt, und die Schmelze in Salzſäure gelöſt, ſo gab Chlorbaryum keinen Niederſchlag — Abweſenheit von Schwefel. Im Ueberſchuſſe von Eſſigſäure gelöſt, tritt mit concentrirter Schwefelſäure keine violettblaue Färbung mit grüner Fluoreſcenz ein. In Waſſer gelöſt, lieferte dieſe Subſtanz mit Ferrocyankalium und Eſſigſäure einen Niederſchlag, desgleichen mit Tannin; mit dem MILLON'schen Reagenz einen weiſsen Niederſchlag, welcher ſich beim Erwärmen bis zum Kochen nicht roth färbte; mit Kalilauge und ſehr verdünnter Kupferlöſung behandelt zeigte ſich keine Biuret-Färbung. Dieſe Maſſe enthielt demnach eine amorphe, ſtickſtoffhaltige Verbindung, welche in ihren Eigenſchaften den Peptonen nahe ſteht, jedoch mehrere der bekannteſten Reactionen dieſer Körper nicht darbot; wir wollen ſie als *peptonoide Subſtanz* bezeichnen. Dieſelbe erinnert in Geruch und Geſchmack theils an Fleiſchextract, theils an friſche Brodrinde.

In der Folge ward der wäſſrige Auszug nach der Fällung mit Bleieſſig nicht weiter mit Alkohol verſetzt, weil ſich dieſes als ziemlich wirkungslos erwieſen hatte.

Uebereinſtimmend zeigte das Filtrat von Bleieſſig-Niederſchlag bei einer Prüfung mit FEHLING'ſcher Löſung ſich vollkommen *frei* von Traubenzucker.

Ward das genannte wäſſrige Filtrat durch Eindampfen concentrirt und im Exſiccator ſehr langſam zur Trockne gebracht, ſo ent-

ſtanden in der bräunlichen, etwas hygroſkopiſchen Maſſe nach längerem Stehen vereinzelte Kryſtalle von *Asparagin*, ſowie kleinere Nadeln von *Calciumformat* und *Kaliumphosphat*. In manchen Fällen blieb aber auch die Subſtanz durch Monate ganz frei von jeder kryſtalliniſchen Ausſcheidung.

Die Natur der Kryſtalle des Calciumformats und des Asparagins lieſs ſich im wäſſrigen Extracte der *Sporen* feſtſtellen, weil ſie in demſelben in relativ gröſserer Menge enthalten waren.

Die trocknen Sporen wurden in einem gröſseren Kolben mit Alkohol benetzt und dann mit Waſſer übergoſſen einige Stunden gekocht, die Löſung von den Sporen abfiltrirt, eingeengt, mit Bleieſſig gefallt, abfiltrirt, das Filtrat entbleit, eingedickt und in den Exſiccator geſtellt. Es ſchieden ſich nach einiger Zeit gröſsere, ſehr ſchön ausgebildete Kryſtalle von *Asparagin* ab, welche in einer ſyrupdicken gelblichen Mutterlauge eingebettet lagen. Durch wiederholtes Umkryſtalliſiren ward dieſe Subſtanz vollkommen rein erhalten. Daſs wir nichts anderes, als Asparagin vor uns hatten, bewies die Kryſtallform, ſowie die Menge des darin enthaltenen Kryſtallwaſſers und Stickſtoffs*).

Die Mutterlauge ward in Waſſer gelöſt, mit Knochenkohle behandelt und mit einer ſalpeterſauren Löſung von Queckſilberoxydnitrat verſetzt. Es entſtand ein dicker Niederſchlag, welcher kleine Kügelchen von metaliſchem Queckſilber enthielt. Die überſchüſſige Salpeterſäure wurde durch Baryumhydroxyd abgeſtumpft und dann filtrirt. Der Niederſchlag ward in Waſſer aufgeſchlemmt, zum Kochen erhitzt und durch Einleiten von H_2S während des Kochens vom Queckſilber befreit, nach dem Abfiltriren ward die Flüſſigkeit mit Baryumhydroxyd neutraliſirt und auf dem Waſſerbade eingeengt; es blieb eine bräunliche Schmiere zurück, welche keine kryſtalliniſchen Produkte lieferte.

Das Filtrat vom Queckſilber-Niederſchlag ward durch H_2S vom Hg befreit, durch Baryumhydroxyd vollſtändig neutraliſirt und eingedampft; der Rückſtand mit verdünntem Alkohol aufgenommen,

---

*) Vergl. Abſchnitt III.

wobei das Baryumnitrat zum gröſsten Theil ungelöſt blieb, und die Löſung von Neuem verdampft. Der jetzt zurückbleibende Rückſtand wurde in Waſſer gelöſt und nach Behandlung mit Thierkohle langſam an der Luft verdunſten gelaſſen, wobei die Maſſe nach längerer Zeit zu einem Kryſtallbrei erſtarrte, welcher aus langen Nadeln in einer gelblichen Mutterlauge beſtand. Die Kryſtalle wurden durch Abpreſſen, Abſpülen mit Alkohol und Umkryſtalliſiren gereinigt, ſie erwieſen ſich als *Calciumformat*, welches durch die Queckſilberlöſung bei gewöhnlicher Temperatur nicht oxydirt worden war.

Während dieſe, in gröſserer Menge aus den Sporen gewonnenen Kryſtalle eine Beſtimmung unſchwer zulieſsen und mit den microſkopiſchen Kryſtallen des Protoplasmaauszuges identificirt werden konnten, ward die Beſtimmung der dritten, in dieſem Auszuge beobachteten Kryſtallform am Protoplasma-Extract ſelbſt durchgeführt. Zu dem Behuf wurde ein wäſſriger Auszug des mit Aether erſchöpften Protoplasma mit Bleieſſig gefällt, entbleit und auf ein kleines Volumen eingedampft; dann mit Oxalſäure von Kalk befreit, abfiltrirt, das Filtrat vollſtändig zur Trockne eingedampft, der Rückſtand mit Waſſer aufgenommen, mit gefälltem Kupferoxyd gekocht und abfiltrirt. Die klare blaue Löſung gab, mit viel Alkohol verſetzt, einen Niederſchlag, der in Waſſer gelöſt wurde, durch H_2S entkupfert und auf ein kleines Volumen eingedampft; es ſchieden ſich Kryſtalle theils in Nadeln, theils in rhombiſchen Tafeln aus, welche aus *Kaliumphosphat* beſtanden; dieſelben waren einfach durch den Alkohol aus der wäſſrigen Löſung von Kaliumphosphat gefällt worden; daſs dies geſchieht, zeigt jeder Verſuch mit einer Löſung von Kaliumphosphat, welche man mit Alkohol im Ueberſchuſs verſetzt. Das Filtrat des erwähnten Alkoholniederſchlags enthielt vielleicht eine Verbindung der oben als Peptonoid bezeichneten Subſtanz mit Kupfer in Löſung.

Wäſſriger Auszug von Protoplasma wurde ferner nach vorheriger Einengung direkt mit Alkohol im Ueberſchuſs gefällt, der Niederſchlag löſte ſich in wenig Waſſer zu einer *opaliſirenden* Flüſſigkeit, welche an ſich FEHLING'ſche Löſung nicht zu reduciren vermochte;

wenn dagegen diefe Flüffigkeit eine Zeitlang mit etwas Schwefelfäure oder Salzfäure gekocht war und darauf mit Natronlauge abgefättigt, fo erzeugte fie in heifser FEHLING'fcher Löfung eine Ausfcheidung von Kupferoxydul, fo dafs fich das Vorhandenfein eines invertirbaren und durch Alkohol fällbaren Kohlenhydrates annehmen liefs. Um diefen Körper in reiner Geftalt zu gewinnen, ward der in Waffer aufgenommene Alkoholniederfchlag mit verdünnter Kalilauge gekocht, von Neuem durch Alkohol gefällt und dies Verfahren wiederholt; dadurch liefs fich die Subftanz als ein weifses, faft Stärkemehl-artiges, in Alkohol unlösliches Pulver gewinnen, das bereits in kaltem Waffer fich löfte. Die Löfung war ftark, faft milchig opalifirend und nahm mit fehr verdünnter Jodlöfung eine fchöne weinrothe Farbe an. Schon dadurch giebt fich die Subftanz als *Glycogen* zu erkennen; durch Zufatz von etwas Diaftafe ward ihre Löfung fchon in der Kälte in Traubenzucker umgewandelt. Eine quantitative Beftimmung des Glycogens im Protoplasma ward unter der Vorausfetzung verfucht, dafs aus dem wäffrigen Extracte durch Alkohol kein anderer, durch Kochen mit Säure invertirbarer Körper gefällt werde. Die Beftimmung ergab ungefähr $4\frac{3}{4}$ Procent Glycogen in der Trockenfubftanz des Protoplasma. Später ward das Glycogen auch nach der Methode von BRÜCKE*) abgefchieden und auch hierbei in Geftalt eines weifsen Pulvers erhalten.

Aber auch das alkoholifche Filtrat vom Glycogen erhielt durch Kochen mit Säure die Fähigkeit, FEHLING'fche Löfung zu reduciren, ohne dafs es gelang, beim Eindampfen deffelben und längerem Stehenlaffen der gelblichen, fyrupöfen, füfslich fchmeckenden Flüffigkeit eine kryftallinifche Zuckerart zur Abfcheidung zu bringen, auch nicht, nachdem die wäffrige Löfung durch Ausfällen mit Phosphorwolframfäure vom Peptonoid befreit worden war. Da es aber ebenfowenig jemals gelang, im Protoplasma vom *Aethalium* eine Verbindung aus der Gruppe der Glucofide nachzuweifen, fo kann man mit grofser

---

*) HOPPE-SEYLER, phyf. chem. Analyfe, S. 132.

Wahrfcheinlichkeit annehmen, dafs im alkoholifchen Filtrat vom Gly cogen eine amorphe, nicht kryftallifirbare Zuckerart in Löfung vorhanden ift, welche leider nicht foweit gereinigt werden konnte, um der Elementaranalyfe unterworfen werden zu können; wir wollen diefes muthmafsliche Kohlenhydrat vor der Hand als *Aethaliumzucker* bezeichnen. Wäre thatfächlich ein Glucofid die Veranlaffung der Traubenzuckerbildung nach dem Digeriren mit Säure, fo müfste unbedingt auch Traubenzucker im normalen Protoplasma erwartet werden, weil nicht daran zu zweifeln ift, dafs die in den Pflanzen vorkommenden Glucofide im natürlichen Verlaufe des Stoffwechfels Traubenzucker abfpalten. Der Aethaliumzucker geftattete wiederum unter der Vorausfetzung, dafs es ein Kohlenhydrat von der Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$ fei, eine quantitative Beftimmung, die einen Gehalt von etwa 3 Procent diefes Körpers im lufttrockenen Protoplasma von *Aethalium* ergab.

Endlich wurde ein Theil des mit Bleieffig ausgefällten, wäffrigen Extractes auf einen Dialyfator gebracht; die durch das Pergamentpapier gegangene Löfung wurde eingeengt, dann zur Entfernung des Kalks mit Oxalfäure verfetzt, der entftehende Niederfchlag von Calciumoxalat abfiltrirt, das Filtrat zur Entfernung überfchüffiger Oxalfäure mit Kupferoxyd gekocht, die entftandene blaue Löfung wieder abfiltrirt, mit Schwefelwafferftoff zerfetzt, das Schwefelkupfer abfiltrirt, das Filtrat eingeengt, mit Knochenkohle behandelt, wieder abfiltrirt und im Exficcator verdunftet: in der fo refultirenden fyrupöfen Flüffigkeit fchieden fich Kryftalle aus, welche zum Theil unzweifelhaft aus *Asparagin* beftanden. Später wurde eine Portion Protoplasma mit heifsem Waffer ausgezogen, das Extract in den Dialyfator gebracht, und erft das Diffufat mit Bleieffig ausgefällt, die vom Blei befreite Löfung dann ohne Behandlung mit Oxalfäure direkt eingedunftet; auch bei diefem Verfahren gelangten die erwähnten Kryftalle in der fyrupöfen Mutterlauge in reichlicher Menge zur Ausfcheidung.

Endlich fei noch einer Beobachtung am wäffrigen Extracte der *Sporen* gedacht. Wenn man den wäffrigen Extract von Sporen mit Bleieffig ausfällt und das entbleite Filtrat im Wafferbade faft zur

Trockne eingedampft, dann mit ſiedendem Alkohol aufnimmt, ſo erſtarrt das hellgelbliche Alkoholextract beim Erkalten zu einer Gallerte; in derſelben erblickt man unter dem Mikroſkop kleine Kügelchen, die wohl aus organiſchen Kalkſalzen beſtehen. Die Gallerte nimmt beim Stehen an der Luft Waſſer auf, und verflüſſigt ſich wieder mit demſelben. Welche Subſtanz das Gelatiniren veranlaſst, konnte nicht feſtgeſtellt werden.

11. Specielle Prüfung auf Ammoniak, Amidosäureamide und Amidosäuren.

(Vergl. die analytiſchen Belege.)

Bereits oben (S. 9) ward hervorgehoben, daſs getrocknetes Protoplasma eine flüchtige Ammoniumverbindung entweichen läſst; man kann dieſelbe daraus vollſtändig frei machen, wenn man das trockene Protoplasma mit Waſſer zu einem Brei anrührt, etwas Natronlauge hinzufügt und dann erwärmt. Eine quantitative Beſtimmung des Ammoniaks ward im Knop'ſchen Azotometer ausgeführt und ergab für lufttrocknes Protoplasma einen Gehalt von 0,12 (Gewichts-) Procent NH_3.

Ferner wurde ſchon hervorgehoben, daſs nicht nur aus dem mit Waſſer oder verdünntem Alkohol gewonnenen Sporenauszuge *Asparagin* in reichlicher Menge auskryſtalliſirt, ſondern daſs auch im wäſſrigen Extracte des Protoplasma, insbeſondere, wenn derſelbe durch Dialyſe von Glycogen befreit ward, Asparaginkryſtalle zur Ausſcheidung gelangen. Aber nur das aus den Sporen gewonnene Asparagin konnte durch wiederholtes Umkryſtalliſiren vollkommen rein erhalten werden; ſeine Identität war dann leicht zu erweiſen aus der charakteriſtiſchen Kryſtallform, aus dem Gehalt an Kryſtallwaſſer und an Stickſtoff.

Beſondere Beachtung verdient der Umſtand, daſs das Asparagin in den Sporen in gröſserer Menge vorhanden zu ſein ſcheint, als in den Plasmodien.

Um das Protoplasma auf das Vorhandenſein noch anderer amidartiger Verbindungen zu prüfen, wobei in erſter Linie an das nicht

kryſtalliſirbare *Glutamin* zu denken war, wurde das von ERNST SNHULZE*) eingeführte Verfahren benutzt, durch welches die Amide zunächſt in Amidoſäuren verwandelt und dieſe dann zum Auskryſtalliſiren gebracht werden.

Zu dem Behufe ward eine gröſsere Quantität des mit Aether extrahirten Protoplasma mit einer Miſchung von gleichen Volumtheilen Alkohol und Waſſer ausgezogen, abfiltrirt, das Filtrat auf dem Waſſerbade bis zur Verflüchtigung des Alkohols eingedunſtet und mit Bleieſſig gefällt. Das Filtrat vom Bleiniederſchlag ward mit einer geringen Menge Salzſäure einige Stunden lang gekocht, die Flüſſigkeit dann mit neutralem eſſigſaurem Blei im Ueberſchuſs verſetzt und erkaltet. Das abgeſchiedene Chlorblei wurde abfiltrirt, das Filtrat auf ein geringes Volumen eingedampft und mit einem groſsen Ueberſchuſs von Alkohol verſetzt, worauf ein ſtarker Niederſchlag von Bleiſalzen entſtand, welche abfiltrirt und in Waſſer durch SH_2 zerlegt wurden. Die vom Schwefelblei befreite Flüſſigkeit wurde bis zur Entfernung des SH_2 gekocht, mit Silberoxyd die Salzſäure daraus entfernt, vom Chlorſilber abfiltrirt, auf dem Waſſerbade auf ein kleines Volumen eingedampft und hingeſtellt. Dieſer Gang ward dreimal wiederholt; zweimal bildeten ſich in der bräunlichen ſyrupöſen Mutterlauge zahlreiche Kryſtalle, unter dem Mikroſkop theils als Blättchen, Schüppchen und Nadeln, theils als gröſsere Polyeder erſcheinend; ein drittes Mal ward die Löſung mit Knochenkohle eingedampft, wodurch jedenfalls viel Subſtanz verloren ging und wobei ein gröſserer Theil der Kryſtalle ſich in Nadelform ausſchied. Da nach den Angaben von E. SCHULZE**) das Kryſtalliſiren in Blättchen gerade für die *Glutaminſäure* characteriſtiſch iſt, ſo wurde auf dieſe Weiſe wahrſcheinlich eine geringe Menge *Glutamin* im Protoplasma nachgewieſen. Leider beſitzt die Glutaminſäure keine characteriſtiſchen Reactionen, daher läſst ſich der Beweis für ihre Identität nur durch die Elementaranalyſe erbringen; um die

*) Vgl. namentlich: *Ueber den Eiweiſsumſatz im Pflanzenorganismus* in: «Landw. Jahrbücher». Herausgegeben von Dr. H. THIEL. Berlin 1880 bei PAUL PAREY.

**) Vgl. E. SCHULZE und J. BARBIERI: *Ueber die Eiweiſszerſetzung in Kürbiskeimlingen*, Journ. f. prakt. Chemie 1879.

in Rede ftehenden Kryftalle jedoch in einer dafür ausreichenden Menge zu gewinnen, würde es nöthig fein, weit gröfsere Mengen Protoplasma auf Glutaminfäure zu verarbeiten, als uns während der ganzen Unterfuchung überhaupt zur Difpofition geftanden haben. Bei einer fo fpärlichen Ausbeute ward auch darauf verzichtet, die Mutterlauge der Glutaminfäure noch auf Asparaginfäure zu unterfuchen, was ja auch fchon deswegen nur von geringem Intereffe fein konnte, weil das Asparagin bereits direkt durch Auskryftallifiren nachgewiefen war.

Dagegen ward ein Verfuch gemacht, nach der Methode von SACHSSE und KORMANN, die Menge des in Amidform im Protoplasma gebundenen Stickftoffs angenähert zu beftimmen. Die hierbei gefundene Ziffer von 0,30 Procenten ift unzweifelhaft zu hoch, da höchft wahrfcheinlich auch ein Theil der peptonartigen Verbindungen feinen Stickftoff bei dem eingefchlagenen Verfahren ebenfalls mit abgegeben hat. Ferner wurde ein wäffriger Extract des Protoplasma eine Zeitlang mit Salzfäure im Wafferbade erhitzt, um die Amidofäureamide in Amidofäuren überzuführen; in der fo behandelten Subftanz liefs fich durch Schütteln mit Bromlauge eine Quantität Stickftoff in Freiheit fetzen, welche 0,20 Gewichsprocent der lufttrockenen Subftanz des Protoplasma entfprach. Von diefer Zahl find jedoch 0,10 pCt. N abzurechnen, da diefelben fchon durch Bromlauge aus dem Protoplasma entwickelt wurden, ohne dafs es mit Salzfäure behandelt war.

Eine fpecielle Prüfung auf *Leucin* und *Tyrofin* ward ebenfalls nicht unterlaffen. Zu dem Ende wurde eine gröfsere Quantität Protoplasma mit Waffer extrahirt, das wäffrige Extract bis zur Syrupsconfiftenz eingedunftet und der Syrup mit 92 procentigem Alkohol ausgezogen. Hierbei mufste das Leucin beftimmt und wahrfcheinlich auch das Tyrofin in den Alkoholauszug übergehen; derfelbe ward mit Bleieffig gefällt, das Filtrat vom Niederfchlage entbleit und eingedunftet. Es gelangten keine Leucinkryftalle, ebenfowenig Tyrofin, zur Ausfcheidung.

Speciell auf Tyrofin ward noch eine gröfsere Quantität gefammelter Bleieffigniederfchläge verarbeitet, doch ebenfalls mit negativem Erfolge. Kleine Nadeln von Tyrofin-ähnlichem Habitus, die man häufig zur

Ausfcheidung bringt, geben nach voraufgegangener Reinigung die fo empfindlichen Reactionen des Tyrofin *nicht* und beftehen wohl immer aus Calciumformat.

Endlich fei noch erwähnt, dafs, wenn man lufttrocknes Protoplasma im Oelbade auf 110° bis 120° erwärmt, eine flüchtige Verbindung daraus fublimirt, welche fich an den Wänden der Vorlage in langen, glashellen Kryftallnadeln ausfcheidet. Die Kryftalle find unlöslich in Alkohol, leicht löslich in Waffer, ihre wäffrige Löfung reagirt alkalifch. Der Verfuch ward mit dem letzten, in diefem Jahre disponiblen Protoplasmareft angeftellt und lieferte zu wenig Subftanz, um die Verbindung beftimmen zu können. Ammoniumcarbonat kann es nicht wohl fein, wahrfcheinlich eine organifche Ammoniumverbindung oder eine Aminbafe. Eine weitere Unterfuchung diefes Körpers bleibt vorbehalten.

12. Säuren, sofern sie nicht mit Aether extrahirt wurden.

(Vergl. die analytifchen Belege.)

Eine Portion mit Aether extrahirtes Protoplasma wurde mit einer Löfung von Natriumcarbonat gekocht, abfiltrirt, und auf folgende Säuren nach bekannten Methoden *vergeblich* geprüft: Schwefelfäure, Salpeterfäure, Gerbfäure, Rhodanwafferftofffäure. Ward diefe Löfung eingedampft und geglüht, der Rückftand in Ammoniumhydroxyd aufgenommen, fo liefs fich durch die Molybdänreaction leicht *Phosphorfäure* nachweifen. Zur quantitativen Beftimmung der in Form von Phosphaten vorhandenen Phosphorfäure wurde das mit Aether extrahirte Protoplasma durch verdünnte Salzfäure ausgezogen, und auf die Weife ein Gehalt von 1,14 pCt. P_2O_5 in dem lufttrocknen mit Aether extrahirten Protoplasma nachgewiefen.

Chlorwafferftofffäure wurde in der Afche gefunden, fie ift muthmafslich als Chlornatrium im Protoplasma enthalten.

Kohlenfäure ift in grofser Menge vorhanden, fie entweicht aus dem Protoplasma beim Uebergiefsen mit einer verdünnten Säure. Ihre Menge wurde einmal zu 17,07 pCt. der lufttrocken mit Aether ausgezogenen Subftanz beftimmt.

Prüfung auf Ameisensäure und Essigsäure. Eine Portion des getrockneten, mit Aether extrahirten Protoplasma wurde mit Wasser auf dem Wasserbade erwärmt, die Flüssigkeit abgepresst, absitzen lassen und eingeengt. Dieser Extract wurde dann mit Phosphorsäure sauer gemacht und der Destillation unterworfen. Ein Theil des sauer reagirenden Destillats wurde mit Silbernitrat gekocht und durch die Reduction der Silberlösung die Anwesenheit von *Ameisensäure* festgestellt. Das Kochen wurde so lange fortgesetzt, bis keine Reduction des Silbernitrats mehr stattfand, dann die Salpetersäure durch Erwärmen mit Indigo zerstört und diese, noch blau gefärbte Flüssigkeit von Neuem abdestillirt. Auch dies zweite Destillat reagirte sauer, blieb aber beim Kochen mit Silberlösung vollkommen klar. Mit Ammoniumhydroxyd neutralisirt gab es mit Eisenchlorid eine gelbrothe Färbung. Mit Alkohol und Schwefelsäure gekocht, entwickelte es den bekannten Geruch nach Essigäther. Hieraus darf wohl auf die Anwesenheit von *Essigsäure* geschlossen werden. Der Gehalt an diesen beiden flüchtigen Säuren zusammen wurde zweimal (aus Protoplasma, das zu verschiedenen Zeiten gesammelt war) durch Titriren mit normaler Alkalilösung bestimmt und sehr verschieden befunden, auf Essigsäure berechnet, das eine Mal zu 0,38 pCt., das andere Mal zu 0,19 pCt. der lufttrocknen Substanz.

Prüfung auf Milchsäure. 60 *g* trocknes, mit Aether extrahirtes Protoplasma wurde mit Wasser ausgezogen, die Lösung abgepresst, filtrirt, mit Bleiessig gefällt; dann durch Einleiten von SH_2 entbleit und auf dem Wasserbade concentrirt. Als diese Lösung nunmehr mit SO_4H_2 angesäuert wurde, trat keine Gasentwicklung ein, wodurch die Abwesenheit von Alkalicarbonaten dargethan wird. Dann ward diese Flüssigkeit mehrfach mit Aether ausgeschüttelt, die ätherische Lösung abgegossen und 24 Stunden im verschlossenen Kolben stehen gelassen, wobei sich noch ein Tropfen wässriger Flüssigkeit auf dem Boden ausschied. Der Aether ward dann nochmals abgegossen und durch ein trocknes Filter filtrirt, um Spuren schwefelsäurehaltigen Wassers zu entfernen, dann abdestillirt und der Rückstand so lange

auf dem Wafferbade erwärmt, bis die anfangs ftechend nach Ameifenfäure riechenden Dämpfe nicht mehr fauer reagirten. Es reftirte nunmehr eine durch den Farbftoff gelb gefärbte ölige Subftanz in geringer Quantität. Mit wenig Waffer aufgenommen, machte fie daffelbe deutlich fauer reagiren. Die Flüffigkeit ward jetzt eine halbe Stunde lang mit Zinkoxyd gekocht, abfiltrirt, mit Thierkohle eingeengt, filtrirt und im Uhrfchälchen in den Exficcator geftellt; es kryftallifirten ftrahlig gruppirte Nadeln, welche nach ihrer mikrofkopifchen Form mit den characteriftifchen Nadeln des *Zinklactats* vollftändig übereinftimmen. Hierdurch fcheint die Gegenwart von Milchfäure angezeigt zu werden, allerdings in fehr geringer Quantität, fo dafs eine fichere Verificirung diefer Säure durch eine Zinkbeftimmung unmöglich war.

Prüfung auf Bernfteinfäure. Der Bleieffigniederfchlag eines Diffufats, welches aus einer Portion des mit Aether extrahirten Protoplasma mittelft Dialyfe erhalten worden war, wurde mit SH_2 zerlegt, abfiltrirt, eingeengt, mit Phosphorfäure angefäuert und mit Aether ausgefchüttelt. Der Aether ward abdeftillirt, der Rückftand auf dem Wafferbade bis zur Verjagung der Ameifenfäure erwärmt, dann mit wenig Waffer aufgenommen, die fauer reagirende Löfung durch Ammoniumhydroxyd fchwach alkalifch gemacht, dann mit Eifenchlorid verfetzt. Der entftehende Niederfchlag wurde heifs abfiltrirt und mit heifsem Waffer gewafchen, dann mit Ammoniumhydroxyd längere Zeit erwärmt, abfiltrirt, das Filtrat mit etwas Chlorammonium und darauf mit etwas Chlorbarium verfetzt. Der entftehende Niederfchlag von Baryumphosphat wurde heifs abfiltrirt, das Filtrat eingeengt und nach dem Erkalten mit einem grofsen Ueberfchufs von Alkohol verfetzt. Anfangs blieb die Löfung vollkommen klar, fpäter fchieden fich weifse Kryftalle ab, welche jedoch nur aus Chlorbaryum, nicht aus Baryumfuccinat beftanden.

Specielle Prüfung auf Weinfäure, Citronenfäure und Aepfelfäure. Zu diefem Zweck wurde eine gröfsere Menge mit Aether extrahirtes Protoplasma mit einer Löfung von Natriumcarbonat 5 bis 6 Stunden auf dem Wafferbade erwärmt, die Löfung ab-

filtrirt und zu einem Syrup eingedampft. Der Syrup ward mit Schwefelſäure angeſäuert und mit Bimſteinpulver verrieben im Extractionsapparat von TOLLENS etwa 15 Stunden lang mit Aether ausgezogen. Hierdurch ſollen nach SCHLÖSING*) Weinſäure, Apfelſäure und Citronenſäure vollkommen in den Aetherextract übergeführt werden. Die ätheriſche Löſung wurde mit Waſſer ausgeſchüttelt, die wäſſerige Flüſſigkeit zur Verjagung des Aethers erwärmt, mit einigen Tropfen Eſſigſäure und dann zur Entfernung der Oxalſäure mit einer Löſung von Calciumacetat verſetzt. (Hierbei entſtand indeſſen kein Niederſchlag von Calciumoxalat). Die Löſung wurde nunmehr mit eſſigſaurem Blei verſetzt, der entſtehende Niederſchlag abfiltrit, mit kaltem Waſſer gewaſchen und hierauf mit Ammoniumhydroxyd behandelt. Aus der ammoniakaliſchen Löſung wurde durch einige Tropfen Schwefelammonium das Blei entfernt, das Filtrat unter Zuſatz von etwas Natronlauge zur Vertreibung des Ammoniaks eingedampft, der Rückſtand mit etwas Waſſer aufgenommen und mit Kalkwaſſer ſtark alkaliſch gemacht. Es ſchied ſich kein Calciumtartrat ab. Darauf wurde die Flüſſigkeit mit Ammoniumhydroxyd und Salmiak verſetzt und gekocht, wodurch auch kein Calciumcitrat niedergeſchlagen wurde. Endlich wurde der kalt gewordenen Löſung Alkohol hinzugefügt, wodurch allerdings ein Niederſchlag entſtand, aber nicht von Calciummalat, ſondern von Gyps, denn der abfiltrirte und getrocknete Niederſchlag ſchwärzte ſich nicht beim Erhitzen im einſeitig geſchloſſenen Röhrchen. Es konnte alſo auf dieſem Wege keine der oben genannten Säuren nachgewieſen werden.

Prüfung auf Schwefelſäure. Da in dem mit Natriumcarbonat gewonnenen Auszuge des Protoplasma keine Schwefelſäure nachgewieſen werden konnte, ſo ward eine ziemlich beträchtliche Portion von lufttrockenem Protoplasma mit Salzſäure extrahirt; war Schwefelſäure in Form von Gyps im Protoplasma vorhanden, ſo mufste dieſer ſich in der Salzſäure gelöſt haben. Allein auch in dieſer Löſung ent-

*) Siehe GRANDEAU: Handbuch für agriculturchemiſche Analyſen 1879. S. 197 ff.

ſtand durch Zuſatz von Chlorbaryum kein Niederſchlag, wodurch die *Abweſenheit* von Schwefelſäure dargethan wird*).

Prüfung auf Oxalſäure. Protoplasma, welches mit Aether, Alkohol und Waſſer erſchöpft war, ward mit verdünnter Salzſäure in der Wärme digerirt, der Säureauszug filtrirt, dann etwas eingedampft.

Dieſer Auszug ward nun, ohne das Chlorcalcium zu entfernen, zwei Monate in der Kälte ſtehn gelaſſen. Nach Verlauf dieſer Zeit hatten ſich am Boden des Gefäſses groſse, durchſichtige rhombiſche Tafeln ausgeſchieden, welche, in reines Waſſer gebracht, ſich trübten, beim Glühen auf Platinblech nur eine flüchtig vorübergehende Schwärzung zeigten, dennoch aber nach dem Glühen in verdünnter HCl unter Entwickelung von Glasblaſen ſich löſten. Dieſe Kryſtalle beſtanden aus einem Doppelſalz von Chlorcalcium und Calciumoxalat**).

Der Salzſäureauszug enthielt nach Entfernung des Chlorcalciums und Calciumoxalats noch Phosphate, ſicher Calciumphosphat, höchſt wahrſcheinlich auch Magneſiumammonphosphat in Löſung, die jedoch nicht auskryſtalliſirten.

13. Farbstoffe.

Das Protoplasma von *Aethalium* verdankt ſeine lebhaft gelbe Farbe einem in Waſſer, Alkohol und Aether löslichen Pigment. Dasſelbe bleibt beim Verdunſten des Löſungsmittels als amorphe, orangegelbe Maſſe zurück, aus der wäſſrigen Löſung läſst er ſich mit Aether ausſchütteln. Auch in den Auszügen der Sporen iſt dieſer gelbe Farbſtoff vorhanden. In ziemlich concentrirter, alkoholiſcher Löſung abſorbirt derſelbe die ganze ſtärker brechbare Hälfte des Spectrums,

*) In unſerer vorläufigen Mittheilung haben wir Spuren von Calciumſulfat erwähnt; dieſe Angabe ſtützt ſich auf eine einmalige Beobachtung, wo durch Chlorbaryum in einem Protoplasmaextract ein ſchwacher Niederſchlag erhalten worden war. Da aber in zahlreich unterſuchten anderen Proben dieſe ſo empfindliche Reaction nicht wieder eintrat, ſo hat dem einen namhaft gemachten Falle wohl nur eine zufällige Verunreinigung der Probe durch eine Spur von Gyps zu Grunde gelegen.

**) Vergl. Hoppe-Seyler: Handb. der phyſiol. chem. Analyſe S. 99.

etwa von der Wellenlänge 0,000520 an, ohne dafs im übrigen Spectrum characteriftifche Abforptionsmaxima hervortreten. —

Wenn in den jungen, noch aus Protoplasma beftehenden Fruchtkörpern die Bildung der Sporen beginnt, fo werden an der Oberfläche der Fruchtkörper häufig grofse, farblofe oder hellgelbliche Tropfen ausgefchieden, die beim Eindampfen und Erhitzen auf Platinblech einen organifchen Rückftand und Afche hinterliefsen. Diefe Tropfen färbten fich an der Luft anfangs hell, dann dunkel purpurroth und hinterliefsen beim Eintrocknen einem blaufchwarzen Fleck. Unzweifelhaft wird hier in den jungen Fruchtkörpern zunächft ein farblofes Chromogen gebildet, welches dann, vielleicht durch Oxydation, jenen blaufchwarzen, in der Sporenmembran aufgefpeicherten Farbftoff liefert, welcher durch kein Löfungsmittel fich daraus gewinnen läfst.

14. Der Bleiessigniederschlag des wässrigen Auszuges.

Der im wäffrigen Protoplasma-Extracte durch Bleieffig erzeugte Niederfchlag ward getrocknet, fein zerrieben, in Waffer aufgefchlemmt, mit Schwefelwafferftoff zerlegt und abfiltrirt. Aus dem Filtrat hatten fich nach einigen Tagen Kryftalle abgefchieden, welche fich als doppelbrechend erwiefen und beim Erhitzen auf dem Platinblech keine Kohle abfchieden, fondern nur trübe wurden. In Salzfäure löften fie fich unter Entwicklung von Gasbläschen. In der Löfung gab Ammoniumoxalat nach dem Neutralifiren einen Niederfchlag von Calciumoxalat. Hiernach beftanden die fraglichen Kryftalle aus Calciumcarbonat, welches wahrfcheinlich als Bicarbonat in Löfung gegangen war.

Die Löfung ward von den Kalkkryftallen abgegoffen, eingedampft, der Rückftand mit abfolutem Alkohol ausgezogen. Der Alkoholauszug hinterliefs, auf dem Wafferbade getrocknet, nur wenig fefte Subftanz, welche, mit Natrium verbrannt, Stickftoffgehalt zu erkennen gab und beim Glühen auf dem Platinblech eine weifse Afche hinterliefs; die letztere ftammt wahrfcheinlich zum Theil von etwas Calciumformat, auch waren die wäffrigen Löfungen, aus denen der Bleieffigniederfchlag gewonnen wurde, felten vollkommen klar, fondern enthielten meiftens etwas Calcium-

carbonat fuspendirt, welches mit in den Bleieffigniederfchlag gerieth. Der Reft des Rückftandes wurde mit wenig Salpeterfäure aufgenommen und an der Luft eingedunftet, wobei fich kleine Kryftalle ausfchieden, deren Identität nicht wohl feftzuftellen war, die aber vielleicht den Verbindungen der Sarkingruppe angehörten.

Der in Alkohol nicht lösliche Theil des Bleieffigniederfchlags ward wieder mit Waffer aufgenommen, ein Theil diefer Löfung gab auf Zufatz von Alkohol eine flockige Fällung, mit Salpeterfäure keinen Niederfchlag, mit Effigfäure und Ferrocyankalium einen weifsen Niederfchlag, mit dem MILLON'fchen Reagens einen weifsen Niederfchlag, der fich im Ueberfchufs diefes Reagens beim Erhitzen mit rother Farbe löfte; mit Natronlauge und Kupferfulfatlöfung aber keine Biuret-Reaction erkennen liefs. Trotz diefes letzten Umftandes wollen wir nicht anftehen, einen beträchtlichen Gehalt an *Pepton* in dem Niederfchlage anzunehmen, da die Biuretfärbung leicht durch den gelben Farbftoff der Subftanz verdeckt werden konnte.

Ein anderer Theil der Löfung ward mit Kupferacetat gefällt, der entftehende Niederfchlag abfiltrirt, mit Waffer ausgewafchen, darauf in fehr verdünnter Salzfäure gelöft, durch Einleiten von Schwefelwafferftoff entkupfert, die Löfung vom Schwefelkupfer abfiltrirt, das Filtrat eingeengt und zum Kryftallifiren hingeftellt; nach einiger Zeit hatten fich kleine Kryftalldrufen ausgefchieden, welche aus einer Verbindung von *Guanin* mit Salzfäure beftanden.

Das Filtrat vom Kupferniederfchlage ward nach Behandlung mit H_2S und Filtration eingeengt und an der Luft ftehen gelaffen; nach längerer Zeit gelangten zweierlei Kryftallifationen zur Ausfcheidung. Zunächft zeigten fich in der Löfung fuspendirt lange, äufserft feine haarförmige Nadeln; diefelben waren felten gerade, fondern meiftens gefchlängelt, felbft lockenförmig gekräufelt, oder wie eine gebrochene Linie aus mehreren geraden Stücken zufammengefetzt; endlich konnten auch zahlreiche gerade Nadeln von einem Centrum ausftrahlen. Die Ausbente an diefer Verbindung war zu gering, um eine analytifche Unterfuchung zuzulaffen, und aus der microfkopifchen Kryftallform

konnte die Identität nicht feftgeftellt werden; am meiften Aehnlichkeit dürften mit diefer Subftanz die feinen Nadeln der Kynurenfäure befitzen.

Die zweite in diefer Löfung zur Ausfcheidung gelangende Kryftallform bildete microfkopifche, weifse Drufen, aus radialen Nadeln gebildet. Diefelben konnten durch Abpreffen der Mutterlauge und Umkryftallifiren einigermafsen gereinigt werden, obgleich dabei der gröfsere Theil der an fich nur fpärlich gewonnenen Subftanz verloren ging. In feiner zweiten Kryftallifation bildete der Körper zum Theil Büfchel von Nadeln, die zu zweien von einem Punkte nach entgegengefetzter Richtung ausftrahlten, dazwifchen wieder fphärifche Drufen. Die SCHERER'fche Leucin-Reaction gab diefer Körper nicht, ebenfo wenig die HOFFMANN'fche Reaction auf Tyrofin und die SCHERER'fche Reaction auf Inofit. Für eine Analyfe war aber die erhaltene Ausbeute der Subftanz viel zu gering, felbft wenn fie völlig rein gewefen wäre. Da die Kryftalle beim Verbrennen kalkhaltige Afche hinterliefsen, fo dürften fie wenigftens theilweife aus Calciumformat beftanden haben, welches uns in faft allen wäffrigen Löfungen des Protoplasma begegnete.

Der Bleieffigniederfchlag des wäffrigen Auszuges der *Sporen* wurde in gleicher Weife durch H_2S zerlegt, das Filtrat vom Schwefelblei ward eingedampft bis zur Syrupsconfiftenz und dann mit Alkohol behandelt, welcher fehr wenig davon aufnahm; diefe alkoholifche Löfung lieferte nach Behandlung mit Salpeterfäure beim Verdunften kleine Kryftalldrufen. Der Rückftand löfte fich fowohl im Waffer als auch in concentrirter Effigfäure; in der effigfauren Löfung bewirkte Ferrocyankalium einen weifsen Niederfchlag. In der wäffrigen Löfung gab Natronlauge und Kupferfulfat keine Biuret-Reaction, auch Gerbfäure keinen Niederfchlag, ebenfowenig Salpeterfäure; Effigfäure und concentrirte Schwefelfäure bewirkten eine dunkelgelbe Färbung der Löfung. Dagegen erzeugte MILLON'S Reagens in der Kälte einen weifsen Niederfchlag, der fich beim Erwärmen roth färbte und im Ueberfchufs des Fällungsmittels mit rother Farbe löfste. Es fcheint demnach hier

der gleiche Körper vorhanden zu sein, welcher oben als Pepton bezeichnet wurde.

Ein Theil der wässrigen Lösung wurde mit neutralem Kupferacetat erwärmt, der entstehende Niederschlag abfiltrirt und mit Wasser gut ausgewaschen, dann in Salzsäure gelöst und durch Schwefelwasserstoff vom Kupfer befreit, vom Schwefelkupfer abfiltrirt und die Lösung eingedunstet; es schieden sich Krystalle von salzsaurem Guanin ab.

15. Specielle Prüfung auf die Verbindungen der Sarkingruppe.

Nachdem bei der Analyse der Bleiessigniederschläge die Anwesenheit von Guanin erkannt war, wurde zu einer speciellen Prüfung auf die drei in der Regel zusammen vorkommenden Verbindungen Sarkin, Xanthin und Guanin geschritten.

Getrocknetes Protoplasma wurde mit Wasser ausgezogen, mit Bleiessig gefällt und vom Niederschlag abfiltrirt, das Filtrat entbleit und eingedunstet. Der hygroscopische Rückstand wurde durch Hinzufügen von Ammoniak stark alkalisch gemacht und mit Silbernitrat versetzt. Es entstand ein Niederschlag, der nach dem Absetzen auf einem Filter gesammelt und dann in kochender verdünnter Salpetersäure vom specifischen Gewicht 1,1 gelöst wurde. Nach mehrstündigem Stehen schieden sich in der erkalteten Lösung feine Krystalldrusen aus, welche unter dem Microskop die characteristische Krystallform des *salpetersauren Sarkin-Silber* zeigten. Der Bleiessigniederschlag ward in bekannter Weise zerlegt, die erhaltene Lösung mit Kupferacetat gefällt, der Niederschlag in HCl gelöst, entkupfert, vom Schwefelkupfer abfiltrirt; beim Eindunsten schieden sich Krystalldrusen ab, welche unter dem Microskop die Form des *salzsauren Guanin* zeigten. Diese Krystalle wurden der kürzlich von CAPRANICA*) angegebenen Guanin-Reaction mit Picrin-Säure unterworfen, und aus der im Urgläschen verdunsteten Lösung schieden sich die characteristischen Krystalle von Guanin-Picrat als ausserordentlich feine orangegelb ge-

*) Zeitschrift für physiologische Chemie. IV. S. 233.

färbte Nadeln ab, welche von einzelnen Punkten ftrahlenförmig divergirten.

Eine Prüfung auf *Xanthin* wurde auf folche Weife vorgenommen, dafs fich die von diefem Körper zu erhaltende Ausbeute beftimmen liefs. Zu dem Ende wurden 45 *g* des mit Aether extrahirten Protoplasma eine halbe Stunde lang im Wafferbade mit 250 *g* ammoniakalifchen Waffers erwärmt, nach dem Erkalten wieder aufgefüllt, abfiltrirt und 150 *ccm* des Filtrats mit Bleieffig ausgefällt, abfiltrirt und der Bleiniederfchlag mit kaltem Waffer ausgewafchen. Derfelbe ward dann, in Waffer aufgefchlemmt, mit Schwefelwafferftoff zerlegt, das Filtrat vom Schwefelblei auf ein kleines Volumen eingedunftet, mit Ammoniak alkalifch gemacht und mit falpeterfaurem Silber gefällt. Der Niederfchlag ward abfiltrirt, mit ammoniakalifchem Waffer ausgewafchen und mit verdünnter Salpeterfäure (vom fpecif. Gew. 1,1) vom Filter abgefpritzt, durch Kochen gelöft und dann erkalten gelaffen. Es fchied fich ein flockiger Niederfchlag aus, welcher, wie die microfkopifche Unterfuchung zeigte, aus äufserft feinen Kryftallnadeln beftand. Der Niederfchlag ward auf einem Filter gefammelt und darin aus einer Silberbeftimmung ein Gehalt von annähernd 0,00177 *g* Xanthin nachgewiefen, woraus fich ein Gehalt von 0,006 pCt. des lufttrocknen mit Aether extrahirten Protoplasma berechnet.

16. Prüfung auf Eiweissstoffe, Nuclein, Pepsin.

Bereits oben (S. 11) haben wir gefehen, dafs im ausgeprefsten Enchylema des Protoplasma Eiweifsftoffe enthalten find; es war nunmehr nothwendig, einerfeits die nähere Befchaffenheit diefer Körper feftzuftellen, andrerfeits die Gerüftfubftanz zu prüfen, ob auch fie noch Eiweifsftoffe enthalte oder gar aus folchen Verbindungen im Wefentlichen zufammengefetzt fei.

Zunächft wurde frifches Protoplasma mit einer gröfseren Menge Waffer verrieben, dann abfiltrirt; das klare, bräunliche Filtrat coagulirte beim Kochen und färbte fich gelb mit Salpeterfäure. Diefer Verfuch war aber keineswegs entfcheidend für die Natur der fraglichen,

in Löſung gehenden Eiweiſsſtoffe; dieſelben konnten hier noch ebenſowohl aus Albumin wie aus Globulin beſtehen, welche durch die Salze des Enchylema in Löſung gehalten wurden.

Es ward nunmehr ganz friſches Protoplasma mit einer 10 procentigen Löſung von Chlornatrium in der Kälte verrieben und die Flüſſigkeit abfiltrirt.

Die Chlornatrium-Löſung war gelblich gefärbt aber klar, ſie reagirte alkaliſch und lieſs beim Erhitzen Coagula von Eiweiſsſtoffen fallen.

Es wurden jetzt in friſche (nicht erwärmte) Löſung Steinſalzſtücke bis zur Sättigung eingetragen; es erfolgte ein flockiger Niederſchlag von *Myoſin* in relativ geringer Quantität.

Zu der nunmehr concentrirten Chlornatrium-Löſung ward kohlenſäurehaltiges Waſſer im groſsen Ueberſchuſs gegeben; es entſtand ein reichlicher Niederſchlag von *Vitellin,* zugleich erwies ſich hierdurch, daſs ſämmtliche Eiweiſsſtoffe ausgefällt waren; denn in dem Filtrat vom Vitellin entſtand beim Kochen ſelbſt nach Zuſatz von Eſſigſäure und Salpeterſäure keine Trübung; damit dürfte das Vorhandenſein von Albumin ausgeſchloſſen ſein. Ebenſowenig gelingt es aber, aus dem Rückſtande des mit 10 procentiger Kochſalzlöſung ausgezogenen Protoplasma mit kaltem Waſſer einen Eiweiſsſtoff zu extrahiren. Da nun dieſer Rückſtand auch bei längerer Digeſtion mit 0,2 procentiger Kalilauge und mit Salzſäure von ungefähr der gleichen Concentration*) keine Eiweiſsſtoffe an dieſe Löſungsmittel abgiebt, ſo ſind, wenn man die Löslichkeit für den Begriff eines Eiweiſsſtoffes poſtulirt, die erwähnten Globulinſubſtanzen die beiden einzigen, im Protoplasma von *Aethalium* enthaltenen Eiweiſsſtoffe.

Der gröſsere Theil der unlöslichen Gerüſtſubſtanz des Protoplasma beſteht aus einem, in der chemiſchen Zuſammenſetzung den Eiweiſsſtoffen nahe ſtehenden, aber unlöslichen Körper, den wir als *Plaſtin* bezeichnen wollen.

---

*) Dieſelbe wurde natürlich ſo oft gewechſelt, bis alles Calciumcarbonat in Chlorcalcium verwandelt war.

Es ward eine Stickſtoff-Beſtimmung in dem in ſiedender, ſtark verdünnter Eſſigſäure *unlöslichen Theile* des Protoplasma vorgenommen. Dieſelbe ergab 4,32 pCt. N in der mit Aether extrahirten Trockenſubſtanz, woraus ſich nach der Multiplication mit dem gebräuchlichen Coefficienten 6,25 ein Gehalt von 25,36 pCt. Eiweiſsſtoffen in der Trockenſubſtanz des Protoplasma ergeben würde; dieſe 25,36 pCt. würden aus den Globulinen und dem Plaſtin gebildet ſein, wenn nicht ein geringer Theil davon auf ungelöſtes Nuclein entfällt. Der Coefficient 6,35 kann aber für Aethalium unmöglich zutreffen, wir kommen darauf unten zurück.

Ein in warmem, verdünntem Alkohol löslicher Eiweiſsſtoff konnte im Protoplasma von Aethalium nicht aufgefunden werden.

Um das Plaſtin genauer unterſuchen zu können, ward der Preſsrückſtand des friſchen Protoplasma (vergl. S. 9), von welchem eine Probe weder an 0,2 procentige Kalilauge, noch an 0,2 procentige Salzſäure eine eiweiſsartige Subſtanz abgab, ſo lange mit ſehr verdünnter HCl digerirt, bis kein CO_2 mehr entwich, hierauf andauernd mit Waſſer ausgewaſchen, abgepreſst, der Rückſtand nochmals mit Waſſer ausgekocht und bei 100° getrocknet, endlich mit Aether uud Alkohol bis zur Erſchöpfung extrahirt. Das ſo erhaltene Präparat, welches nicht als abſolut rein angeſehen werden konnte, da z. B. einige von der Preſsleinwand herrührende Fäſerchen ſich aus demſelben nicht entfernen lieſsen, auch etwas Nuclein beigemengt ſein dürfte, (wenn dieſes nicht in dem alkaliſch reagirenden Enchylema gelöſt enthalten iſt, wie man vermuthen könnte), erwies ſich beim Glühen auf Platinblech als beinahe aſchenfrei; es ward der Elementaranalyſe unterworfen und ergab im Mittel folgende Zuſammenſetzung:

C = 53,49 pCt.
H = 7,22 „
N = 11,92 „

Auſserdem ergab ſich ein nicht genau beſtimmter Gehalt an S, P, und ſelbſtverſtändlich an O.

Selbſt wenn wir den Stickſtoffgehalt auf 12 pCt. abrunden, —

eine höhere Veranschlagung dürfte trotz der wenigen Leinwandfasern unstatthaft sein — so ergiebt sieh doch für das *Plastin* ein viel geringerer Gehalt an Stickstoff, als für die bisher bekannten Eiweissstoffe, welche entweder 16 pCt. oder 18 pCt. davon enthalten. Ebensowenig aber stimmt dieser Stickstoffgehalt zur Formel des Keratin, Elastin oder Leim. Wenn man nun auch gewiss das Plastin nicht als ein Gerinnungsprodukt der Globulinsubstanzen betrachten darf, so scheint doch diese, unter den Bestandtheilen des Protoplasma vielleicht wichtigste Verbindung entweder den Eiweissstoffen sehr nahe zu stehen, oder als ein wirklicher, aber sehr stickstoffarmer Eiweissstoff betrachtet werden zu müssen, dann aber unter den Eiweissstoffen eine Annäherung an das relativ stickstoffarme Nuclein zu zeigen.

Vielleicht ist das Plastin auch eine Verbindung eines typischen Eiweissstoffes mit einer organischen Phosphorverbindung.

Beim Kochen mit stärkeren Alkalien löst das Plastin sich vollständig und wird durch Säuren aus dieser Lösung wieder gefällt.

Nehmen wir den Gesammtstickstoff des lufttrockenen Protoplasma zu 5,3 pCt. an, rechnen wir davon auf nicht eiweissartige Verbindungen, 1 pCt. auf Globulinsubstanzen, so verbleiben für das Plastin 3,3 pCt. Setzen wir nun weiter den Stickstoffgehalt des Plastin zu 12 pCt. an, so müssten wir die 3,3 pCt. N mit dem Coefficienten 8,3 multipliciren, um die Menge des im lufttrocknen Protoplasma enthaltenen Plastins zu bestimmen; es würde sich daraus annähernd der Betrag von 27,4 pCt. Plastin im lufttrocknen Protoplasma berechnen.

Prüfung auf Nuclein. Frisches Protoplasma, welches 24 Stunden lang mit Alkohol in der Kälte digerirt war, wurde mit Wasser verrieben und abgepresst, und dies Verfahren mehrfach wiederholt. Dann ward die Substanz mit einprocentiger Natronlauge zusammengerührt, auf ein Filter gebracht und abtropfen gelassen; die hindurchlaufenden Tropfen fielen in einprocentige Salzsäure, in welcher jeder Tropfen sofort einen gelblichweissen Niederschlag bildete, welcher Phosphor enthielt und wohl zum Theil aus *Nuclein* bestehen dürfte. Die für diesen Versuch verwendete Protoplasmamenge war zu gering, um den

HCl-Niederſchlag weiter verarbeiten zu können, wir gelangten jedoch im Laufe des letzten Sommers nicht wieder in den Beſitz von friſchem Protoplasma, um dieſe Prüfung vervollſtändigen zu können. Wenn ein Gehalt an Nuclein im Protoplasma von Aethalium auch wahrſcheinlich iſt, ſo bleibt doch der beſtimmte Nachweis deſſelben, welcher nur durch die Elementaranalyſe geführt werden kann, der Zukunft vorbehalten.

Prüfung auf Pepſin. Friſches Protoplasma ward mit Glycerin verrieben und einige Tage digerirt, darauf filtrirt. 5 *ccm* des Glycerinauszuges wurden mit 15 *ccm* einer 0,36 procentigen Salzſäure gemiſcht und darin ein kleiner Würfel von gekochtem Hühnereiweiſs am Tage bei Brutwärme digerirt, welche während der Nacht herabſank. Erſt nach mehreren Tagen war der Eiweiſswürfel theilweiſe in der abſolut klaren Flüſſigkeit gelöſt und der Reſt deſſelben ſehr durchſcheinend geworden.

Die im Glycerinextract enthaltene Subſtanz ward mit Alkohol ausgefällt; der mit Waſſer angerührte Niederſchlag vermochte friſche Milch auch bei längerem Stehenlaſſen und bei gelinder Erwärmung nicht zu coaguliren: Abweſenheit eines Labfermentes.

17. Zusammenstellung der wichtigeren Ergebnisse.

Um einen zuſammenfaſſenden Ueberblick über die wichtigeren Ergebniſſe der im Vorſtehenden mitgetheilten Unterſuchung zu gewähren, erſchien es uns zweckmäſsig, eine Abſchätzung der verſchiedenen von uns im Protoplasma von *Aethalium ſepticum* nachgewieſenen Subſtanzen oder Subſtanzgruppen nach ihren relativen Mengenverhältniſſen vorzunehmen, wobei die ausgeführten quantitativen Beſtimmungen als Anhaltspuncte dienten. Ausdrücklich beanſprucht dieſer Verſuch nur den Werth einer *Schätzung* der quantitativen Zuſammenſetzung des Protoplasma, wenn auch einer Schätzung, die im Allgemeinen der Wirklichkeit ziemlich nahe kommen dürfte. Eine genaue quantitative Analyſe des Protoplasma nach ſeinen chemiſchen Individuen im ſtrengeren Sinne des Wortes kann es kaum geben;

denn das Protoplasma ift keine Verbindung im chemifchen Sinne, fondern ein Gemenge, deffen einzelne Beftandtheile einem ununterbrochenen Wechfel unterworfen find, fo dafs ihre relative Quantität fich fortwährend gegen einander verfchiebt. Daher würde die wirkliche Feftftellung der quantitativen Zufammenfetzung für einen einzelnen gegebenen Zeitpunct einen nur relativ geringen Werth befitzen, der jedenfalls nicht im Verhältnifs zu der Mühe ftehen würde, die eine folche genaue Analyfe erfordern müfste. Aber ganz abgefehen davon würde eine folche Analyfe mit den gegenwärtigen Hülfsmitteln der Forfchung überhaupt nicht durchführbar fein.

Wenn wir nun in Erwägung ziehen, dafs die von uns ausgeführten Beftimmungen nur mehr oder weniger angenäherte Werthe ergaben, wenn wir ferner berückfichtigen, dafs der Gehalt an Afche, an Aetherextract u. f. w., in Protoplasmaproben, die zu verfchiedenen Zeiten und an verfchiedenen Orten gefammelt waren, nicht unbeträchtlichen Schwankungen unterliegt, fo glaubten wir bei der nachfolgenden Abfchätzung, in welcher alle unferer Beobachtung zugänglichen Momente Berückfichtigung fanden, ziemlich frei mit den gewonnenen Zahlen fchalten zu dürfen. In einigen Fällen fchliefsen fich diefelben genau den mitgetheilten quantitativen Beftimmungen an; in anderen Fällen, z. B. bei Schätzung des Gehaltes an Amidverbindungen, glaubten wir der zur Anwendung gekommenen Beftimmungsmethode fo wenig Zutrauen fchenken zu dürfen, dafs wir an die durch fie gelieferten Zahlen uns faft garnicht gehalten haben; und dennoch hat jene Methode in neuerer Zeit fich ausgedehnter Anwendung in der phyfiologifchen Chemie zu erfreuen gehabt.

Annähernde Zusammensetzung des lufttrocknen Protoplasma von Aethalium septicum.

Name der im Protoplasma enthaltenen Subſtanzen	pCt.
Waſſer	4 80
Pepſin und Myoſin	1,00
Vitellin	5,00
Plaſtin	27,40
Guanin, Xanthin, Sarkin zuſammen	0,01
Ammoniumcarbonat	0,10
Asparagin und andere amidartige Subſtanzen	1,00
Peptone und Peptonoid	4,00
Lecithin	0,20
Glycogen	4,73
Aethaliumzucker	3,00
Calciumverbindungen der höheren fetten Säuren	5,33
Calciumformat, Calciumacetat zuſammen	0,42
Calciumcarbonat	27,70
Chlornatrium NaCl	0,10
Bikaliumphosphat PO_4K_2H	1,21
Eiſenphosphat PO_4Fe (?)	0,07
Magneſiumammoniumphosphat PO_4NH_4Mg	1,44
Tricalciumphosphat $P_2O_8Ca_3$	0,91
Calciumoxalat	0,10
Choleſterin	1,40
Fettſäuren im Aetherextract	4,00
Harz	1,00
Glycerin, Farbſtoff u A.	0,18
Unbeſtimmte Subſtanzen	5,00
	100,00

Die in vorſtehender Tabelle aufgeführten Zahlen ſind alſo zum groſsen Theil, was ihren *abſoluten* Werth anbetrifft, ungenau; dennoch wird man aus ihnen eine angenähert richtige Vorſtellung über die

relative Menge der betreffenden Verbindungen im Protoplasma von *Aethalium* gewinnen können. Wir wollen z. B. annehmen, wir hätten den Gehalt an *Harz* viel zu hoch veranschlagt, es sei thatsächlich davon statt 1 pCt. nur etwa 0,5 pCt. vorhanden: *dies würde ein absoluter Fehler im Betrage von 50 pCt. sein.* Wenn wir jedoch den wirklichen und den veranschlagten Harzgehalt auf die gesammte Trockensubstanz beziehen, so dividirt sich der Fehler durch 100, er beträgt *relativ* nur 0,5 pCt., und wird es von ziemlich untergeordnetem Interesse sein, zu wissen, ob 0,5 pCt. oder 1 pCt. in einer gegeben Probe getrockneten Protoplasma's enthalten waren, besonders, wenn der Durchschnittswerth etwa zwischen beiden Zahlen in der Mitte liegen sollte. Aus diesem Gesichtspuncte sind sämmtliche Zahlen der vorstehenden Tabelle zu betrachten.

Was die in der Tabelle aufgeführten anorganischen Verbindungen anlangt, so wurden dieselben im Allgemeinen aus den Ergebnissen der Aschenanalysen gefolgert, indem wir uns vorstellten, es seien die verschiedenen Aschenbestandtheile in Lösung durcheinander gemengt, wobei sich aus der Natur der Säuren und Metalle ein annähernd zutreffender Schlufs dafür ziehen läfst, wie dieselben sich wechselseitig mit einander verbinden.

III. Analytische Belege.

1. Aschenanalysen.

Was zunächst die Darstellung der Asche anbetrifft, so mufste Sorge getragen werden, dafs die Temperatur beim Veraschen möglichst niedrig gehalten wurde, damit kein Verlust an Alkalien entstand. Die Veraschung wurde deshalb entweder in einer durch Gas heizbaren Muffel, welche eine bequeme Regulirung der Temperatur gestattete, vorgenommen, oder über einer kleinen Weingeistflamme

ausgeführt. Es wurde nie höher als bis zur ganz dunklen Rothgluth des Tiegels oder der Platinſchale, worin ſich die zu veraſchende Subſtanz befand, erhitzt. Dabei war es natürlich nicht möglich, die Aſche völlig kohlefrei zu erhalten und es muſste deshalb die Kohle in derſelben noch beſonders beſtimmt werden. Zu dem Ende wurde die ganze Aſche oder, wenn dies zuviel war, eine Durchſchnittsprobe derſelben, in Salz- oder Salpeterſäure aufgelöſt und die unlösliche Kohle auf einem vorher mit Salzſäure gut ausgezogenen und nach dem Auswaſchen bei 110° bis zum conſtanten Gewicht getrockneten Filter geſammelt, ausgewaſchen und abermals bei 110° getrocknet. Das Gewicht der Kohle wurde dann von dem Gewicht der Rohaſche abgezogen und der Reſt als »kohlefreie Aſche« in Rechnung gebracht. Wenn mit Hülfe dieſer Methode richtige Reſultate erhalten werden ſollen, ſo muſs die Veraſchung natürlich ſo lange fortgeſetzt werden, daſs in der Aſche nur noch reine Kohle und keine unvollkommen verbrannte in Waſſer und Säuren lösliche organiſche Producte zurückblieben. Die Löſung der Aſche muſste deshalb, da keine eine Färbung bedingende Stoffe in derſelben enthalten waren, vollkommen waſſerklar erſcheinen.

Da das lufttrockne Protoplasma etwa 30 pCt. Aſche enthielt und dieſe zum gröſsten Theil aus Calciumcarbonat beſtand, ſo wurden keine beſonderen Vorſichtsmaſsregeln getroffen, um einer Reduction und einem damit verbundenen Verluſt von Phosphor- und Schwefel-Verbindungen vorzubeugen.

Die Aſchenmengen der lufttrocknen Subſtanz (ſiehe Abſchnitt II, 6) des Protoplasma, wenn es zu verſchiedenen Zeiten und an verſchiedenen Orten geſammelt war, ſchwankt, wie folgende Ueberſicht der einzelnen Beſtimmungen zeigt.

Aschenbestimmungen.

Nummer des Protoplasma	Angewandte lufttrockne Subftanz	Erhaltene Rohafche	Kohle in der Rohafche		pCt. Rohafche	pCt. kohlefreie Afche
	g	*g*	*g*	pCt.		
I.	9,7660	2,9324	0,0254	0,87	30,02	29,77
	21,3316	6,3706	*)	1,24	29,86	28,62
II.	1,2121	0,3997	—	—	32,97	—
III.	1,9941	0,5505	0,0020	0,36	27,61	27,51
IV.	2,7009 *g* lufttrocknes Protoplasma, welches mit Aether extrahirt war, gab 1,1783 *g* Rohafche mit 0,0041 *g* Kohle, entfprechend 43,48 pCt. kohlefreie Afche der mit Aether extrahirten oder 40,87 pCt. kohlefreie Afche der aetherextracthaltenden Subftanz.						

Zu der quantitativen Beftimmung der einzelnen in der Afche enthaltenen Stoffe ift Folgendes zu bemerken.

Die Kohlenfäure wurde durch Salz- oder Salpeterfäure ausgetrieben, durch ein Chlorcalciumrohr getrocknet und in einem vorgelegten Kaliapparat aufgefangen.

Die Phosphorfäure wurde in einer befonderen Portion der Afche aus falpeterfaurer Löfung durch eine Löfung von Molybdänfaurem Ammon in Salpeterfäure ausgefällt und nach der bekannten Methode in Magnefiumpyrophosphat übergeführt.

Die Schwefelfäure wurde aus falzfaurer Löfung mittelft Chlorbaryum, das Chlor aus falpeterfaurer Löfung durch Silbernitrat niedergefchlagen.

Eifenoxyd, Kalk und Magnefia wurden in einer Portion beftimmt. Da die Afche viel mehr Phosphorfäure enthielt als zur Bindung des gefammten Eifens erforderlich, fo durfte angenommen werden, dafs in der Löfung das ganze Eifen als Phosphat vorhanden war. Die falzfaure Löfung der Afche wurde deshalb zur Abfcheidung des Eifenphosphats mit kohlenfaurem Natrium neutralifirt, mit Effigfäure

*) 1,1484 *g* diefer Afche gaben 0 0142 *g* Kohle oder 1,24 pCt. Kohle der Rohafche.

angefäuert und mit effigfaurem Natrium gekocht. Der heifs abfilrirte Niederfchlag kam nach Abzug der Filterafche als $FePO_4$ in Rechnung.

Aus der effigfauren Löfung wurde der Kalk durch oxalfaures Ammon abgefchieden, abfiltrirt, gewafchen und im Gasgebläfe bis zum conftanten Gewicht geglüht, die Magnefia aber aus der vom oxalfauren Kalk abfiltrirten und ammoniakalifch gemachten Flüffigkeit durch Natriumphosphat präcipitirt.

Die Beftimmung der Alkalien gefchah in verfchiedener Weife. Einmal wurde die falzfaure Löfung der Afche mit Kalkmilch neutralifirt, vom entftandenen Niederfchlag abfiltrirt, aus dem Filtrat durch Ammoniak und oxalfaures Ammon Kalk und Magnefia entfernt, eingedampft, bis zur Verflüchtigung der Ammoniakfalze erhitzt und die Chloralkalien gewogen. Da aber das Auswafchen des dicken Kalkniederfchlags und das Verjagen der grofsen Menge von Ammoniakfalzen Schwierigkeiten bietet, fo wurde das andere Mal die Afche zunächft mit Waffer gekocht und dann auf dem Filter mit heifsem Waffer vollkommen erfchöpft. Da in der Afche keine unlösliche Alkaliverbindung enthalten fein konnte, fo mufsten auf diefe Weife alle Alkalien in Löfung gehen. Die Löfung wurde mit Schwefelfäure angefäuert um die Alkalien als fchwefelfaure Salze zu erhalten, dann mit Kalkwaffer neutralifirt und weiter behandelt wie das erfte Mal. In den fchwefelfauren Alkalien wurde die Schwefelfäure beftimmt.

Eine Trennung der Alkalien ift nicht vorgenommen. In der Analyfe II ift das Kali und das Natron aus dem Gefammtgewicht der fchwefelfauren Alkalien und dem Gewicht der darin enthalten Schwefelfäure berechnet.

Die nachfolgende Tabelle enthält die Refultate zweier Analyfen der Afche des Protoplasma Nr. I.

Aschenanalysen.

Name der in der Aſche enthaltenen Verbindungen	Angewandte Roh-aſche in g	Kohle in der angewandten Rohaſche	Kohle in der angewandten Rohaſche in pCt.	Kohlefreie Aſche in g	Aufgelöſt in *ccm* Flüſſigkeit	Angewandte *ccm* der Löſung	Erhaltene Verbindung g	Erhaltene Verbindung Formel	pCt. der kohlefreien Aſche
I.									
Kohlenſäure CO_2 .	2,9324	0,0254	0,87	2,9070	250	250	1,0464	CO_2	35,99
Phosphorſäure P_2O_5	2,1638	0,0122	0,56	2,1516	100	50	0,1086	$Mg_2P_2O_7$	6,46
Schwefelſäure SO_3 .	1,3046	0,0163	1,24	1,2883	—	—	0,0146	$BaSO_4$	0,39
Chlor Cl	1,1638	0,0146	1,24	1,1492	—	—	0 0094	AgCl	0,20
Eiſenoxyd Fe_2O_3 .	0,8200	0,0102	1,24	0,8098	—	—	0,0030	$FePO_4$	0,19
Kalk CaO . . .	2,9324	0,0254	0,87	2,9070	250	50	0,3150	CaO	54,17
Magneſia MgO . .	2,9324	0,0254	0,87	2,9070	250	50	0,0139	$Mg_2P_2O_7$	0,43
Chloralkalien . . .	1,3046	0,0163	1,24	1,2883	—	—	0,0452	Chloralk.	3,51
								Summa . . .	101,34

Davon ab die dem Cl entſprechende Menge O, welche nicht genau berechnet werden kann, weil in den Chloralkalien keine Chlorbeſtimmung ausgeführt wurde.

II.									
Kohlenſäure CO_2 .	2,1638	0,0122	0,56	2,1516	—	—	0,7758	CO_2	36,05
Phosphorſäure P_2O_5	1,1484	0 0142	1,24	1,1342	—	—	0,1156	$Mg_2P_2O_7$	6,52
Schwefelſäure SO_3 .	0,8200	0,0102	1,24	0,8098	—	—	0,0104	$BaSO_4$	0,44
Chlor Cl	0,6410	0,0080	1,24	0,6330	—	—	0,0056	AgCl	0,21
Eiſenoxyd Fe_2O_3 .	0,7565	0,0094	1,24	0,7471	—	—	0,0010	$FePO_4$	0,07
Kalk CaO . . .	0,7565	0,0094	1,24	0,7471	—	—	0,4074	CaO	54,53
Magneſia MgO . .	0,7565	0,0094	1,24	0,7471	—	—	0,0156	$Mg_2P_2O_7$	0,75
Kali K_2O	1,2758	0,0040	0,31	1,2718	—	—	0,0385	Schwefelſ.	1,42
Natron Na_2O . .								Alkalien *)	0,18
								Summa . . .	100,12
					Ab dem Cl entſprechende Menge O . . .				0,19
								Summa . . .	99,93

*) 0,385 g Schwefelſaure Alkalien gaben 0,0532 g $BaSO_4$.

2. Elementaranalyse der organischen Substanz des Protoplasma.

Wie ſchon hervorgeboben, iſt es ſchwer oder gar unmöglich, das Protoplasma völlig waſſerfrei zu bekommen, ohne andere leicht flüchtige Verbindungen zu verjagen. Das fein gepulverte Protoplasma nimmt nach langem Trocknen bei einer Temperatur von 120° C. kein conſtantes Gewicht an und zeigt ſich dann ſo hygroſkopiſch, daſs es ſelbſt im bedeckten Tiegel während des Wägens ſchon Waſſer anzieht. Deshalb wurde es vorgezogen, das lufttrockne Protoplasma der Elementaranalyſe zu unterwerfen. Bringt man das Protoplasmapulver in einem Uhrſchälchen ausgebreitet über concentrirte Schwefel ſäure und läſst es lange Zeit über derſelben ſtehen, ſo nimmt es ſchlieſslich nicht mehr merklich an Gewicht ab. Es wurde deshalb angenommen, daſs das auf dieſe Weiſe getrocknete Protoplasma waſſerfrei ſei und das bei einer ſolchen Waſſerbeſtimmung erhaltene Reſultat zur Berechnung der Trockenſubſtanz benutzt.

1,6084 *g* lufttrocknes Protoplasma verlor nach 18 tägigem Stehen im Exſiccator 0,0758 *g*, welche als Waſſer in Rechnung gebracht 4,71 Waſſer der lufttrocknen Subſtanz ausmachen.

Die Beſtimmung des C und H geſchah durch Verbrennen des lufttrocknen Protoplasma mit chromſaurem Blei unter Zuſatz von $\frac{1}{10}$ ſaurem chromſaurem Kalium bei vorgelegter Kupferdrahtnetzrolle in gewöhnlicher Weiſe. Der N wurde nach der DUMAS'ſchen Methode durch Verbrennen mit Kupferoxyd ebenfalls bei vorgelegtem Kupfer etc. beſtimmt. Den Beſtimmungen diente das Protoplasma Nr. I.

Die erhaltenen Zahlenwerthe ſind in folgender Tabelle zuſammengeſtellt.

3. Aetherextract.

Die quantitative Beſtimmung des Aetherextractes geſchah im TOLLENS'ſchen Extractionsapparate. Das durch Abdeſtilliren vom Aether befreite Extract wurde etwa eine Stunde im Trockenſchrank bei 100° getrocknet und während dieſer Zeit zur vollſtändigen Entfernung des Aethers mehrere Male mittelſt eines Gummiballs ein Luftſtrom in den Kolben geblaſen.

Elementaranalyse.

Angewandte luft-trockne Subſtanz	Darin enthaltenes Waſſer in g	Trockenſubſtanz g	Gefundene CO_2 g	Gefundenes H_2O g	Gefundener N				pCt. der lufttrocknen Subſtanz			pCt. der Trocken-ſubſtanz		
					ccm	Barometer-ſtand	Temperat.	g	C	H	N	C	H	N
0,2495	0,0117	0,2378	0,3533	0,1306	—	—	—	—	38,56	5,82	—	40,52	6,10	—
0,3516	0,0165	0,3351	0,4972	0.1898	—	—	—	—	38,61	5,99	—	40,47	6,29	—
0,6552	0,0309	0,6243	—	—	32,2	751	17	0,0037	—	—	5,63	—	—	5,91
0,6120	0,0288	0,5832	—	—	28.5	748	14	0,0040	—	—	5,39	—	—	5,65

pCt. Aetherextract

1) 8,2034 *g* lufttr. Protoplasma gaben 0,4990 *g* = 6,08
2) 81,6 „ „ „ „ 4,9512 „ = 6,06
3) 11,7070 „ „ „ „ 0,9518 „ = 8,13
4) 7,0804 „ „ „ „ 0,3800 „ = 5,36
5) 7,5380 „ „ „ „ 0,4071 „ = 5,40
6) 99,0 „ „ „ „ 6,0188 „ = 6,04

Die zu den Beſtimmungen 4 und 5 verwandte Protoplasmaprobe war die in den Aſchenbeſtimmungen mit Nr. I bezeichnete und enthielt im Durchſchnitt 29,19 pCt. Aſche. Die Probe, von welcher die Aetherextractbeſtimmung Nr. 6 ausgeführt wurde, enthielt 32,97 pCt. Aſche.

Da die S. 23 erwähnten an Kalk gebundenen Fettſäuren durch directes Ausziehen mit Aether ſehr unvollkommen erhalten werden, ſo wurde eine mit Aether erſchöpfte Quantität Protoplasma mit verdünnter Salzſäure gekocht, die Löſung durch ein naſſes Filter vom unlöslichen Rückſtand getrennt, der letztere mit Waſſer bis zur neutralen Reaction gewaſchen, getrocknet und nun ſammt dem Filter abermals im TOLLENS'ſchen Extractionsapparat mit Aether ausgezogen.

12,7917 *g* des mit Aether extrahirten Protoplasma gaben nach dieſer Behandlung 0,6570 *g* oder 5,13 pCt. Aetherextract.

Die Baryumbeſtimmungen in den Seite 21 ff erwähnten Baryumſalzen der flüchtigen fetten Säuren wurden nach bekannter Methode in der Weiſe ausgeführt, daſs die Salze bei 130° bis zum conſtanten Gewichte getrocknet, dann im Platintiegel ſehr langſam veraſcht, die vollſtändig kohlefreie Aſche mit kohlenſaurem Ammon behandelt, ſchwach geglüht und gewogen wurde. Aus dem erhaltenen kohlenſauren Ba wurde das Ba berechnet.

Deſtillat I. 0,1738 *g* des Salzes gaben 0,1086 *g* $BaCO_3$ = 43,41 pCt. Ba
„ II. 0,2044 „ „ „ „ 0,1411 „ „ = 47,53 „ „

Elementaranalyſe der fetten Säuren, deren Darſtellung S. 22 beſchrieben wurde.

1. 0,3550 *g* gaben 1,0098 *g* CO_2 entſprechend 77,58 pCt. C
„ „ 0,4190 „ H_2O „ 13,11 „ H
2. 0,4450 *g* gaben 1,2671 *g* CO_2 entſprechend 77,69 pCt. C
„ „ 0,5238 „ H_2O „ 13,08 „ H

4. Wasserextract.

Die nach der S. 32 beſchriebenen Methode aus dem wäſſerigen Auszug der Sporen erhaltenen *Asparaginkryſtalle* wurden durch häufiges Umkryſtalliſiren aus Waſſer vollſtändig gereinigt, über Schwefelſäure getrocknet und dann ihr Kryſtallwaſſergehalt durch Trocknen bei 110° feſtgeſtellt. Der Stickſtoffgehalt derſelben wurde durch Verbrennen mit Natronkalk (unter Zuſatz von etwas reiner Oxalſäure), Auffangen des gebildeten Ammoniaks in titrirter Schwefelſäure und Zurücktitriren mit Kalilauge beſtimmt.

Titerſtellung:

1) 25 *ccm* Schwefelſaure gaben 1,7160 $BaSO_4$
2) 25 „ „ „ 1,7104 „
3) 25 „ „ „ 1,7092 „
25 „ „ im Durchſchnitt = 0,2057 *g* N

1) 25 *ccm* Schwefelſäure ſättigen 47,6 *ccm* Kalilauge.
1 *ccm* Kalilauge demnach = 0,00432 *g* N.

0,2410 *g* kryſtallwaſſerhaltendes Asparagin mit Natronkalk verbrannt.

Vorgelegte Schwefelſäure 25 *ccm*	= 0,2057 *g* N
Zum vollſtändigen Sättigen nöthiges Alkali . .	= 0,1603 „
0,2410 *g* Asparagin gaben	0,0454 *g* N

oder 18,88 pCt. N.

0,3847 *g* Asparagin verloren bei 110° 0,0466 *g* H_2O, woraus ſich ein Kryſtallwaſſergehalt von 12,11 pCt. berechnet.

Die Formel $C_4H_8N_2O_3 + H_2O$ verlangt 12 pCt. Kryſtallwaſſer und 18,66 pCt. N.

Eine annähernde Beſtimmung des Reductionsvermögens, welches der mit Säure gekochte Waſſerextract des Protoplasma zeigte, wurde in folgender Art verſucht.

73,2 *g* lufttrocknes Protoplasma wurden mit 500 *ccm* Waſſer übergoſſen, auf dem Waſſerbade etwa ½ Stunde erwärmt, gut umgeſchüttelt und nach dem Abſitzen 50 *ccm* abgehoben und mit Salzſäure 2 Stunden auf dem Waſſerbade erhitzt. Nach dem Erkalten ward die ſaure Löſung mit Bleieſſig gefällt, der Niederſchlag ausgewaſchen und Filtrat ſammt Waſchwaſſer zuſammen entbleit, auf dem Waſſerbade concentrirt, mit Natronlauge neutraliſirt und auf 100 *ccm* aufgefüllt. 26,7 *ccm* dieſer Flüſſigkeit reducirten 30 *ccm* FEHLING'ſche Löſung.

Nimmt man an, daſs die reducirende Wirkung des mit Salzſäure gekochten Protoplasmaextractes von aus Glycogen etc. gebildeten Traubenzucker herrührt, ſo berechnet ſich eine Traubenzuckermenge von 7,68 pCt. des lufttrocknen Protoplasma. (1 *ccm* FEHLING'ſche Löſung = 0,005 *g* Traubenzucker.)

Es ward jetzt noch das Reductionsvermögen eines wäſſerigen Protoplasmaextracts nach dem Kochen mit Salzſäure beſtimmt, aus welchem jedoch zuvor das Glycogen durch Alkohol ausgefällt wurde.

16,21 *g* lufttr. Protoplasma wurden mit 100 *ccm* Waſſer verſetzt, erwärmt, geſchüttelt und nach dem Erkalten und Abſitzen 50 *ccm* der abfiltrirten Löſung mit Alkohol auf 250 *ccm* aufgefüllt. Nachdem ſich

der Glycogenniederſchlag abgeſetzt, wurden 200 *ccm* abfiltrirt, zur Verjagung des Alkohols auf dem Waſſerbade concentrirt, dann mit Salzſäure invertirt, mit Bleieſſig gefällt, der Niederſchlag ausgewaſchen, Filtrat und Waſchwaſſer entbleit, eingedampft, mit Natronlauge neutraliſirt und auf 100 *ccm* aufgefällt. 39 *ccm* dieſer Flüſſigkeit reducirten 15 *ccm* FEHLING'ſche Löſung, woraus ſich 2,96 pCt. Traubenzucker des lufttrocknen Protoplasma berechnen, welche durch Kochen mit Säure nach der Ausfällung mit Alkohol daraus entſtanden.

Nimmt man an, daſs durch das Verſetzen von 1 Volumen Protoplasmaextract mit 4 Raumtheilen Alkohol alles Glycogen und weiter kein Körper, aus welchem durch Kochen mit Salzſäure reducirende Subſtanz entſteht, niedergeſchlagen wird, ſo wird die Differenz zwiſchen der erſten und zweiten Beſtimmung diejenige Menge Traubenzucker anzeigen, welche durch das Kochen mit Salzſäure aus dem Glycogen entſtanden iſt. Sie beträgt 7,69 – 2,96 = 4,73 pCt.

5. Ammoniak, Amidosäuren und Amidosäureamide.

5,088 *g* lufttrocknes Protoplasma mit einem Aſchengehalt von 29,19 pCt. (Nr. I der Aſchenbeſtimmungen) wurde mit 100 *ccm* Waſſer übergoſſen und erwärmt. Nach dem Erkalten wurden 20 *ccm* der abfiltrirten Löſung im KNOP'ſchen Azotometer mit Bromlauge geſchüttelt und entwickelten dabei 1 *ccm* N bei einer Temperatur von 21 ° und einem Barometerſtand von 742 *mm*.

Nimmt man an, daſs ſich der N nur aus vorhandenen Ammoniakſalzen abgeſpalten hat, ſo würde ſich daraus ein Gehalt von 0,12 Gewichtsprocenten NH_3 berechnen.

Ferner wurden 20 *ccm* derſelben Löſung mit Salzſäure verſetzt, 1½ Stunde im WaſſerBade erhitzt und nach dem Neutraliſiren wiederum mit Bromlauge geſchüttelt. Jetzt entwickelten ſich 2 *ccm* N bei demſelben Druck und derſelben Temperatur.

Da beim Kochen mit Salzſäure die Amidoſäureamide in Amidoſäuren und Ammoniak geſpalten werden und da im Protoplasma Asparagin vorhanden, ſo könnte man wohl annehmen, daſs ſich 0,12

(Gewichts-) Procent NH_3 aus den Amidoſäureamiden abgeſpalten haben. Sicher ſind die gefundenen Werthe aber zu hoch, da wir, wenn im Protoplasma wirklich eine entſprechende Menge Amidoſäuren vorhanden geweſen wäre, bei den Verſuchen, dieſelben durch Auskryſtalliſiren zu gewinnen, gröſsere Mengen davon erhalten haben würden.

Endlich wurden noch 16 *ccm* des oben beſchrieben Protoplasmaextractes mit Salzſäure gekocht und im SACHSSE-KORMANN'ſchen Apparat der Einwirkung von ſalpetriger Säure ausgeſetzt. Es wurden erhalten 4,25 *ccm* N bei dem Barometerſtand von 753 *mm* und der Temperatur von 16°. Es berechnet ſich daraus 0,60 pCt. N, von welchem jedoch nur die Hälfte alſo 0,30 pCt. auf Amidoſäuren fällt, da bei der Zerſetzung derſelben durch ſalpetrige Säure dieſe letztere ebenfalls Stickſtoff abgiebt. Die erhaltene Zahl iſt jedenfalls viel zu hoch, da bei dem Verſuch die ſalpetrige Säure wahrſcheinlich durch andere organiſche Stoffe reducirt worden iſt.

6. Säuren.

Zur Beſtimmung der Phosphorſäure, welche aus dem mit Aether extrahirten lufttrocknen Protoplasma ausgezogen ward, wurden 3,3552 *g* mit verdünnter Salzſäure aufgekocht, die Löſung abfiltrirt und der Rückſtand mit heiſsem Waſſer bis zur neutralen Reaction ausgewaſchen, Filtrat ſammt Waſchwaſſer eingedampft, der Rückſtand in einer Platinſchale zur Zerſtörung der organiſchen Subſtanzen geglüht, die Aſche in etwas Salpeterſäure gelöſt und in der Löſung durch Fällen mit molybdänſaurem Ammon u. ſ. w. in bekannter Weiſe die Phosphorſäure beſtimmt. Es wurden 0,0615 *g* $Mg_2P_2O_7$ erhalten, woraus ſich ein Gehalt von *1,14 pCt.* P_2O_5 *der lufttrocknen mit Aether extrahirten Subſtanz* berechnet.

Der Geſammtgehalt derſelben Protoplasmaprobe an Phosphor ward durch Veraſchen und Beſtimmung der Phosphorſäure in der Aſche feſtgeſtellt.

2,7009 *g* lufttrocknes mit Aether extrahirtes Protoplasma (Nr. IV

der Afchenbeftimmungen) wurde verafcht. In diefer Afche ergab die Phosphorfäurebeftimmung 0,0574 $Mg_2P_2O_7$ oder 3,12 pCt. P_2O_5 der kohlenfreien Afche oder *1,35 pCt.* P_2O_5 *der lufttrocknen mit Aether extrahirten Subftanz.*

Ferner wurde in derfelben Protoplasmaprobe noch die *Kohlenfäure* beftimmt, indem diefelbe durch Salzfäure ausgetrieben, durch ein Chlorcalciumrohr getrocknet und im Kaliapparat aufgefangen und gewogen wurde. 1,6258 *g* lufttrockne mit Aether extrahirte Subftanz gaben 0,2776 *g* oder 17,07 pCt. CO_2.

Eine angenäherte qualitative Beftimmung der *Ameifenfäure* und *Effigfäure* wurde in der Weife verfucht, dafs eine gewogene Menge lufttrockenes Protoplasma mit einem beftimmten Quantum Waffer übergoffen und damit zur Löfung der ameifenfauren und effigfauren Salze erwärmt wurde. Nach dem Erkalten und Abfitzen ward dann ein beftimmter Theil der Löfung abgehoben, mit Phosphorfäure angefäuert und unter erneuertem Wafferzufatz wiederholt abdeftillirt, bis das zuletzt übergehende Deftillat keine faure Reaction mehr zeigte. Alsdann wurde das Deftillat mit $\frac{1}{10}$ Normalalkalilauge titrirt.

1. 25,5778 *g* mit 210 *ccm* Waffer übergoffen; von der Löfung 100 *ccm* entfprechend 12,18 *g* Protoplasma mit Phosphorfäure abdeftillirt. Zur Sättigung des Deftillats erforderlich 7,8 *ccm* $\frac{1}{10}$ Normalkalilauge.
2. 44,6244 *g* lufttrocknes Protoplasma mit 200 *ccm* Waffer übergoffen. 100 *ccm* der Löfung, entfprechend 22,3122 *g* Protoplasma mit Phosphorfäure abdeftillirt. Zur Sättigung des Deftillats erforderlich 7,1 *ccm* $\frac{1}{10}$ Normalkalilauge.

7. Bleiessigniederschlag.

Um eine Vorftellung von der im Protoplasma enthaltenen Menge Xanthin zu bekommen, wurden 44,7 *g* mit Aether extrahirtes Protoplasma mit 250 *ccm* fchwach ammoniakalifch gemachtem Waffer übergoffen und damit ½ Stunde im Wafferbade erwärmt. Von der Löfung wurden 150 *ccm* mit Bleieffig ausgefällt, der Niederfchlag mit kaltem Waffer ausgewafchen, vom Filter abgefpritzt, mit H_2S zerlegt und

das Filtrat vom Schwefelblei auf ein geringes Volumen eingedunſtet. Darauf ward daſſelbe mit Ammoniak alkaliſch gemacht und mit ſalpeterſaurem Silber verſetzt, wodurch ein Niederſchlag entſtand, der abfiltrirt, mit ammoniakaliſchem Waſſer gewaſchen und dann mit verdünnter Salpeterſäure von 1,1 ſpec. Gew. vom Filter abgeſpritzt und durch Aufkochen gelöſt wurde. Nach dem Erkalten ſchieden ſich feine Kryſtallnadeln von *Xanthinſilberoxyd* aus. Sie wurden abfiltrirt, mit dem Filter verbrannt und lieferten 0,0021 *g* Ag, woraus ſich eine Xanthinmenge von 0,00177 *g* oder 0,006 pCt. berechnet.

8. Eiweissstoffe.

Da auſser den Eiweiſsſtoffen im Protoplasma von *Aethalium* noch verſchiedene andere Stickſtoff enthaltende Verbindungen vorkommen, ſo iſt es ungerechtfertigt, aus dem Stickſtoffgehalt ohne Weiteres auf die darin enthaltene Menge Eiweiſsſtoffe zu ſchliefsen. Um jedoch Anhaltspuncte für die Quantität der letzteren, ſowie für die Menge der nicht einweiſsartigen Stoffe und Peptone, zu gewinnen, wurde zunächſt der Geſammtſtickſtoffgehalt in einer Protoplasmaprobe, welche 32,97 pCt. Aſche (Nr. 2 der Aſchenbeſtimmungen) und 6,06 pCt. Aetherextract (Nr. 2 der Aetherextractbeſtimmungen) enthielt, von dem letzteren aber befreit war, durch die DUMAS'ſche Methode feſtgeſtellt.

0,4790 *g* lufttrockenes mit Aether ausgezogenes Protoplasma gaben 23,4 *ccm* N bei einem Barometerſtand von 750 *mm* und einer Temperatur von 22° C., woraus ſich ein Gehalt von *5,45 pCt.* des mit Aether ausgezogenen lufttrocknen Protoplasmas berechnet.

0,4619 *g* derſelben Subſtanz lieferten 21,2 *ccm* N bei dem Barometerſtand von 751 *mm* und der Temperatur von 19° C., entſprechend *5,21 pCt.* N.

Nunmehr wurden gewogene Protoplasmamengen mit Waſſer aufgekocht und dann ſolange Eſſigſäure zugetröpfelt, bis alles darin enthaltene Calciumcarbonat aufgelöſt war und die Flüſſigkeit ſchwach ſaure Reaction angenommen hatte. Dann wurde die Flüſſigkeit von dem unlöslichen Rückſtand durch ein Asbeſtfilter getrennt und der

Rückſtand bis zur neutralen Reaction mit Waſſer ausgewaſchen. Der getrocknete Rückſtand ward mit dem Asbeſt im Mörſer gut mit Kupferoxyd gemiſcht und nach DUMAS verbrannt.

0,5367 *g* vom Aetherextract befreites lufttrocknes Protoplasma gaben nach der beſchriebenen Methode 21,0 *ccm* N, bei einem Barometerſtand von 746 *mm* und einer Temperatur von 21° C., entſprechend *4,37 pCt.* N.

0,5722 *g* derſelben Subſtanz gaben 22,0 *ccm* N bei einem Barometerſtand von 746 *mm* und einer Temperatur von 22° C., entſprechend *4,27 pCt.* N.

Wenn man annimmt, daſs durch das Aufkochen mit verdünnter Eſſigſäure alle ſtickſtoffhaltigen Beſtandtheile auſser den durch die Behandlung coagulirten Eiweiſsſtoffen entfernt waren, ſo würde ſich aus der Mittelzahl der beiden letzten Beſtimmungen durch Multiplication derſelben mit einem geeigneten Factor der Gehalt an Eiweiſsſtoffen beſtimmen laſſen. Dieſer Factor iſt aber ſchwer zu beſchaffen, die Ziffer 6,25 kann man nicht anwenden, da die in *Aethalium* vorkommenden Globulinſubſtanzen wahrſcheinlich 18 pCt. N enthalten, im Plaſtin aber nur etwa 12 pCt. N gefunden worden ſind.

Die Differenz im Stickſtoffgehalt der mit verdünnter Eſſigſäure ausgewaſchenen und der nicht ausgewaſchenen Subſtanz würde dann auf die nicht eiweiſsartigen Stoffe (Ammoniak- und Amid-Verbindungen) und Peptone fallen. Sie beträgt im Mitttel 1,01 pCt. N der lufttrocknen mit Aether ausgezogenen oder 0,94 pCt. der lufttrocknen nicht mit Aether extrahirten Subſtanz.

Die S. 50 als Plaſtin bezeichnete Subſtanz hatte im fein gepulverten Zuſtande eine lehmgelbe Farbe. Sie war faſt ganz frei von Aſche, nahm beim Trocknen bei 106 bis 108° raſch conſtantes Gewicht an und wurde im trocknen Zuſtand mit Bleichromat unter Zuſatz von $\frac{1}{10}$ ſaurem chromſauren Kalium bei vorgelegter Kupferdrathnetzrolle in bekannter Weiſe verbrannt.

1.	0,4234 *g*	gaben	0,2786 *g*	H_2O	entſprechend	7,31	pCt.	H
	„	„	0,8330 „	CO_2	„	53,65	„	C
2.	0,4172 *g*	gaben	0,2696 *g*	H_2O	entſprechend	7,13	pCt.	H
	„	„	0,8158 „	CO_2	„	53,33	„	C.

Der Stickſtoffgehalt des Plaſtins wurde einmal durch Verbrennen mit Natronkalk, das andere Mal nach der DUMAS'ſchen Methode beſtimmt.

1. Angewandte Subſtanz 0,2634 *g*.
   Vorgelegte Schwefelſäure*) = 25 *ccm* = 0,2057 *g* N.
   Zum Zurücktitriren gebrauchtes
   Alkali 40,3 *ccm* . . . . = 0,1741 „ „

In der angewandten Subſtanz enthalten 0,0316 *g* N. oder *11,99* pCt.

2. Angewandte Subſtanz 0,4672 *g*.
   Erhaltener N . . = 47,25 *ccm*
   Barometerſtand . = 746 *mm*
   Temperatur . . = 10° C.
   woraus ſich *11,88* pCt. N berechnen.

*) Titerſtellung ſ. S. 62.

ANHANG*).

Ueber Paracholesterin aus Aethalium septicum.

Von

J. Reinke und **H. Rodewald.**

(Befonderer Abdruck aus den Annalen der Chemie *207*. Band.)

Bei einer aus rein botanifchen Gefichtspuncten unternommenen Unterfuchung der chemifchen Zufammenfetzung des Protoplasma von Aethalium septicum gelang es u. a. eine Subftanz zu ifoliren, die auch wohl in chemifcher Hinficht einiges Intereffe befitzen dürfte.

Das frifch gefammelte Protoplasma wurde durch Einlegen in ftarken Alkohol confervirt. Die Protoplasmaklumpen hatten in dem Alkohol ihre breiartige Confiftenz verloren und waren zu fchwammigen, zwifchen den Fingern leicht zerreiblichen Maffen geworden. Der Alkohol hatte einen Theil der Subftanz gelöft und fich damit gelb gefärbt; er wurde abgegoffen und auf dem Wafferbade bis auf ein geringes Volumen eingedampft. In diefem Refte der alkoholifchen Löfung wurde der fefte Rückftand des Protoplasma gehörig vertheilt und die ganze Maffe in einem durch Wafferdampf geheizten Trockenfchrank bei einer Temperatur von 80 bis 90° getrocknet; es refultirte eine fpröde, im Porcellanmörfer zu einem gelblich-grauen Pulver zerreibliche Maffe, die beim Reiben mit dem Piftill negativ elektrifch wurde und den urfprünglichen laugenartigen Geruch des Protoplasma beibehalten hatte. Aus diefem Pulver laffen fich im Extractionsapparate von TOLLENS mit Aether etwa 6 pCt. eines bräunlich gelben Oels ausziehen. Aus der ftark concentrirten ätherifchen Löfung diefes Oels

*) Während des Druckes, als Bogen 2 bereits die Correctur paffirt hatte, ging mir ein Separatabdruck diefer rein chemifchen Mittheilung zu, und fchien es mir zweckmäfsig, diefelbe auch unferer Abhandlung noch einzuverleiben. Damit erledigt fich die Anmerkung auf S. 19. R.



kryſtalliſiren nach einigen Tagen Blättchen oder Nadeln aus, die ſich durch Abpreſſen zwiſchen Fliesſpapier von der Mutterlauge befreien und durch wiederholtes Umkryſtalliſiren aus Aether völlig farblos erhalten laſſen.

Reiner und in gröſserer Menge erhält man dieſen leicht kryſtalliſirenden Körper, wenn man den durch Abdeſtilliren vom Aether befreiten Extract in alkoholiſcher Löſung mit Kali kocht, nach geſchehener Verſeifung Waſſer hinzufügt und den Alkohol auf dem Waſſerbade verjagt. Durch Ausſchütteln der wäſſrigen Seifenlöſung mit Aether erhält man die erwähnte kryſtalliſirende Subſtanz ziemlich rein in ätheriſcher Löſung. Durch Umkryſtalliſiren läſst ſie ſich vollſtändig reinigen, am beſten durch Auflöſen in heiſsem Alkohol, aus welchem ſie ſich beim Erkalten zum gröſsten Theil wieder ausſcheidet.

In ihren allgemeinen Eigenſchaften zeigt die Subſtanz weſentliche Uebereinſtimmung mit dem Choleſterin und Iſocholeſterin des Thierkörpers, ſowie mit dem von BENEKE*) in den Erbſen aufgefundenen Choleſterin, welches neuerdings durch HESSE**) mit dem Namen »Phytoſterin« belegt worden iſt; in ihrer chemiſchen Zuſammenſetzung ſcheint uns die Subſtanz mit dem thieriſchen Choleſterin (man könnte wohl daſſelbe zur beſſeren Unterſcheidung als normales Choleſterin bezeichnen) und Iſocholeſterin iſomer zu ſein, ſie mag daher den Nâmen *Paracholeſterin* erhalten.

Das Paracholeſterin iſt leicht löslich in Chloroform und Aether und kryſtalliſirt aus beiden Löſungsmitteln in ſeideglänzenden Nadeln, aus Aether mitunter auch in Blättchen. Leicht löslich iſt es auch in heiſsem Alkohol, da es aber in kaltem Alkohol ſich nur ſchwierig löſt, ſo ſcheidet es ſich beim Erkalten der alkoholiſchen Löſung in Kryſtallwaſſer haltenden Blättchen aus, die ihr Kryſtallwaſſer bereits über Schwefelſäure abgeben. In Waſſer iſt es unlöslich.

Wird etwas Paracholeſterin in Chloroform gelöſt und mit concen-

*) Studien über Verbreitung u. ſ. w. von Gallenbeſtandtheilen. Gieſsen 1862.
**) Dieſe Annalen *192*, 175.

trirter Schwefelſäure geſchüttelt, ſo zeigt ſich nach der Trennung der beiden Flüſſigkeiten die Chloroformlöſung gelblichbraun gefärbt, und die darunter ſtehende Schwefelſäure hat ebenfalls einen bräunlichgelben bis gelblichbraunen Ton mit ſchön grüner Fluoreſcenz angenommen. Nach längerem Stehen geht die Farbe der Chloroformlöſung erſt in Blau und dann in Violett über, während die Schwefelſäure ſich allmälig tiefer bräunt und die Fluoreſcenz immer mehr hervortritt*).

Der Schmelzpunct des Paracholeſterins liegt bei 134° bis 134,5° (uncorrigirt)**). Bei ſtärkerem Erhitzen im einſeitig geſchloſſenen Rohr zieht ſich die Subſtanz in öligen Ringen an der Glaswand empor, verbreitet einen erſtickenden Geruch und erſtarrt beim Erkalten ſtrahlig kryſtalliniſch.

Das Paracholeſterin dreht in ſeiner Löſung die Ebene des polariſirten Lichtes nach *links*. Die ſpecifiſche Drehung der in Chloroform gelöſten Subſtanz wurde im Polariſationsapparate von LAURENT beſtimmt und wurden in zwei Beobachtungsreihen folgende Werthe erhalten:

		I.	II.
Procentgehalt der Löſung	p	2,7000	1,7948
Specifiſches Gewicht der Löſung . .	d	1,4717	1,4785
Temperatur	t	20°	20°
Länge der Röhre		200 *mm*	200 *mm*
Ablenkung	α	— 2,29°	— 1,45°
Specifiſche Drehung	$[\alpha]_D$ ***)	— 28,88°	— 27,24°

Weil das aus Alkohol ſich abſcheidende Paracholeſterin ſein Kryſtallwaſſer leicht verliert, ſo wurden zur Beſtimmung des letzteren die Kryſtallblättchen zwiſchen Flieſspapier abgepreſst, zwei Tage an

*) Bei der gleichen Behandlung des normalen Choleſterins färbt ſich die Chloroformlöſung ſofort blutroth, die rothe Farbe geht ſpäter in Blau, dann in Grün und endlich in Gelb über. Das Iſocholeſterin verhält ſich ungefähr wie das Paracholeſterin.

**) Das normale Choleſterin ſchmilzt bei 145°, das Iſocholeſterin bei 137 bis 138°, das Phytoſterin bei 132 bis 133°.

***) Für Phytoſterin beträgt nach HESSE $[\alpha]_D = -34{,}2°$, für normales Choleſterin aus Gallenſteinen - (36,61 + 0,249 p).

der Luft bei gewöhnlicher Temperatur liegen gelaffen und dann bei 106 bis 108° getrocknet; aus der beobachteten Gewichtsabnahme berechnete fich der Kryftallwaffergehalt zu 5 pCt.

0,8550 *g* lufttrockenes Paracholefterin verlor 0,0428 Waffer.

Kohlenftoff und Wafferftoff wurden in der aus Alkohol wiederholt umkryftallifirten und über Schwefelfäure getrockneten Subftanz durch Verbrennen mit Kupferoxyd beftimmt.

0,1330 *g* über Schwefelfäure getrocknetes Paracholefterin lieferte 0,4074 CO_2 und 0,1496 H_2O.

	Berechnet für $C_{26}H_{44}O$	Gefunden
C . .	83,87	83,53
H . .	11,83	12,49*)
	für $C_{26}H_{44}O + H_2O$	
Waffer .	4,6	5,0

Die elementare Zufammenfetzung ftimmt alfo mit derjenigen des Cholefterins überein, doch vermag die Analyfe nicht zu entfcheiden, ob unfer Körper dem Cholefterin wirklich ifomer ift, oder nur ein demfelben naheftehendes Glied einer homologen Reihe repräfentirt; denn die nächften Homologen des Cholefterins, wenn folche Verbindungen wirklich exiftiren, würden fich in der procentifchen Zufammenfetzung fo wenig vom Cholefterin unterfcheiden, dafs die Differenz innerhalb der Fehlergrenzen der Elementaranalyfe liegen würde. Auch die phyfikalifchen Eigenfchaften der Subftanz dürften diefe Frage unentfchieden laffen. Freilich fchliefst HESSE aus dem Umftand, dafs das normale Cholefterin ein ftärkeres Drehungsvermögen befitzt, als fein »Phytofterin«, dafs erftere Verbindung das nächftniedere Glied einer folchen homologen Reihe fei und daher die Formel $C_{25}H_{42}O$ erhalten müffe. Uns jedoch fchien diefs Argument nicht fchwer-

*) Wenn etwas zuviel Waffer gefunden wurde, fo erklärt fich diefs leicht daraus, dafs die Subftanz noch einen kleinen Reft Kryftallwaffer enthielt. Zahlreichere Elementaranalyfen liefsen fich wegen des befchränkten Vorraths an Subftanz nicht gut ausführen. Auch handelt es fich ja nur um eine Verificirung der Natur des Körpers, die anderweitig noch durch die Elementaranalyfe des Benzoëfäureefters geliefert wurde.



wiegend genug, um die bislang angenommene Isomerie der verschiedenen Cholesterine als widerlegt anzusehen.

Von dem normalen Cholesterin und dem Isocholesterin unterscheidet sich das Paracholesterin auch durch die Eigenschaften seines Benzoësäureesters. Derselbe läßt sich analog dem von ERNST SCHULZE und URICH*) dargestellten und näher untersuchten Benzoësäureisocholesterylester gewinnen. Ein Theil Paracholesterin wurde mit einem Theil Benzoësäureanhydrid im zugeschmolzenen Rohr etwa 36 Stunden lang auf 180° erhitzt. Nach dem Erkalten wurde das Rohr geöffnet und die erstarrte wachsartige Masse mit einer Lösung von Natriumcarbonat zur Entfernung der gebildeten Benzoësäure behandelt, darauf mit Wasser gewaschen und mit kochendem Alkohol ausgezogen. Der nach dem Verdunsten des Alkohols zurückbleibende Benzoësäureparacholesterylester wurde durch Umkrystallisiren aus ätherischer Lösung gereinigt. Während der Benzoësäureisocholesterylester in feinen Nadeln, der Benzoësäurecholesterylester in dicken quadratischen Tafeln krystallisirt, scheidet sich der Benzoësäureparacholesterylester aus demselben Lösungsmittel in dünnen glänzenden rechteckigen Tafeln aus, die bedeutend länger sind als breit. Sein Schmelzpunkt liegt bei *127* bis *128*° (uncorrigirt)**).

In der Elementaranalyse des über Schwefelsäure getrockneten Benzoësäureparacholesterylesters gaben 0,2512 *g* Substanz 0,7688 CO_2 und 0,2386 H_2O.

	Berechnet für $\frac{C_{26}H_{43}}{C_7H_5O}>O$	Gefunden
C	83,19	83,46
H	10,08	10,56

Der Benzoësäureparacholesterylester löst sich leicht in Chloroform und Aether. In kaltem Alkohol ist er schwer löslich, in siedendem löst er sich etwas leichter.

Das Paracholesterin unterscheidet sich demnach sowohl durch sein

*) Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 7, 570.

**) Der Benzoësäurecholesterylester schmilzt zwischen 125 und 130° der Bensoësäureisocholesterylester bei 190 bis 191°.

eignes Verhalten, wie durch die Eigenſchaften ſeines Benzoëſäureeſters deutlich vom Choleſterin und Iſocholeſterin, weniger dagegen vom Phytoſterin. Bezüglich der Lage des Schmelzpunkts, der Kryſtallform und der Löslichkeitsverhältniſſe beſteht zwiſchen dem Phytoſterin und dem Paracholeſterin kein erheblicher Unterſchied, dagegen iſt die ſpecifiſche Drehung des Paracholeſterins niedriger gefunden, als die des Phytoſterins. Danach ſind beide Subſtanzen wohl kaum identiſch, Sicheres läſst ſich jedoch darüber nicht ausſagen, bevor nicht das Phytoſterin genauer unterſucht worden iſt, insbeſondere auf ſeine Farbenreactionen und die Eigenſchaften ſeines Benzoëſäureeſters*).

Für die aus Aethalium septicum gewonnene Subſtanz glauben wir unter allen Umſtänden den Namen *Paracholeſterin* in Anwendung bringen zu ſollen, einmal, weil wir an der Iſomerie der Choleſterine vor der Hand feſthalten, ſodann, weil unſere Subſtanz auf jeden Fall genauer unterſucht worden iſt, als das Choleſterin der Erbſen.

*) Insbeſondere wird darauf Rückſicht zu nehmen ſein, ob im Phytoſterin nicht etwa ein Gemenge von Paracholeſterin und normalem Choleſterin vorliegt, da auch das letztere *neben* dem Paracholeſterin in Aethalium septicum vorkommt, bei der erſten Fraction des Auskryſtalliſirens von letzterem aber vollſtändig in der Mutterlauge zurückbleibt.

II.

Protoplasma-Probleme.

Von

J. Reinke.

Einleitung.

Auf den nachfolgenden Blättern habe ich einige Ideen zur Chemie und Phyſik des Protoplasma zuſammengeſtellt. Solchen allgemeinen Betrachtungen pflegt der Poſitivismus unſerer Zeit nicht allzugünſtig geſtimmt zu ſein; in der Botanik ſteht die Detailarbeit auf der Tagesordnung, ſie iſt am Ruder, und für ihre unbedingte Herrſchaft laſſen ſich ſo viele und ſo ſchwerwiegende Gründe geltend machen, daſs jede Auflehnung dagegen unfruchtbar erſcheinen müſste. In der That hat die mit eiſernem Fleiſse durchgeführte Erforſchung der minutiöſeſten Einzelheiten die biologiſchen Naturwiſſenſchaften zur ihrer jetzigen Bedeutung emporgehoben. Wir ſehen Bauſtein auf Bauſtein herantragen, aufſchichten und häufen. Ein mächtiger Unterbau aus ſoliden Quadern iſt gelegt, und an zahlreichen verſchiedenen Stellen ſind Werkleute beſchäftigt, eine Mauer erſtehen zu laſſen; die Arbeit anderer beſteht in dem Ausmeiſseln von Pfeilern und Capitälen, und wer das feinſte Zierrath dem Steine aufzuprägen gewuſst, der wird mit Recht am meiſten gelobt. Wo aber will alle dieſe Arbeit hinaus? Wo iſt das Ziel, dem man zuſtrebt, wo der Plan, nach dem man arbeitet, wo iſt der Architekt und wo ſind die Bauführer? Wann wird die Krönung des Gebäudes wiſſenſchaftlicher Erkenntniſs ſtattfinden?

Dieſe Fragen ſind leichter aufgeworfen als beantwortet.

Die Wege und Ziele wiſſenſchaftlicher Forſchung verändern ſich im Laufe der Zeit mit der Entwicklung der Wiſſenſchaft durch eine Art von ſtillſchweigender Uebereinkunft unter den Forſchern; faſt könnte man ſagen, durch einen Proceſs natürlicher Züchtung. Denn nur eine Richtung, die das allgemeine Intereſſe der Zeit zu feſſeln weiſs, vermag in dieſer Zeit ſich Geltung zu verſchaffen. Wie aber in der

natürlichcn Züchtung eine unbewufste Verkettung von Urfachen und Wirkungen gegeben ift, fo ift auch die Gefammtbewegung des Fortfchritts der biologifchen Erkenntnifs an keine vorgefchriebene Richtung gebunden. Zwar wird jeder Naturforfcher ftets das ferne Ziel im Auge haben, die Räthfel des Lebens zu löfen; allein dies Ziel ift zu allgemein und zu abftract, um einer klaren Vorftellung zugänglich zu fein, und fo gelangt in der Anfchauung jedes Einzelnen doch eine befondere Geftalt diefes fernen Ideals zur Verkörperung. Der Eine hofft, dafs es nach Jahrhunderten möglich fein werde, den ganzen Lebensprocefs einer Zelle durch eine Formel, die einzelnen Beziehungen durch Differentialquotienten zum Ausdruck zu bringen. Ein Anderer erwartet von den Fortfchritten der Chemie die Synthefe aller Verbindungen, welche für die Exiftenz des Organismus nöthig find, insbefondere der Eiweifsftoffe, und hofft dann auch die Bedingungen ermitteln zu könnnen, durch welche »unbelebtes« in »lebendes« Eiweifs umgewandelt werden kann. Andere hegen weniger fanguinifche Erwartungen, für Alle aber erfteht leicht die Gefahr der Utopie, weil die Erreichbarkeit folcher Ziele heute kaum abgefchätzt werden kann.

Beim Betreten eines wichtigen Gebietes, das nur durch ein Zufammenarbeiten Vieler urbar zu machen ift, fcheint mir jedoch eine Prüfung und Discuffion der Chancen des Erfolges, der möglichen Angriffspuncte und der fich darbietenden Schwierigkeiten wünfchenswerth zu fein; durch *Befprechung* läfst fich manche Frage klären und präcifiren, die vorher zur einer thatfächlichen Bearbeitung ihrer Complicirtheit wegen noch ungeeignet war. Der Naturforfcher mufs die Rudimente vorliegender Thatfachen in feiner Phantafie combiniren und fich hypothetifche Vorftellungen fchaffen von verfchiedenen Gefichtspuncten aus, deren Vorzüge und Nachtheile er gegen einander abwägt; dann mufs er aber auch Gedanken zu finden wiffen, um die Richtigkeit jener fubjectiven Bilder zu prüfen, erft durch folche Prüfung ift es möglich, für jene Vorftellungen eine wiffenfchaftliche Geltung zu erlangen.

Diefe Erwägungen haben mich zur Mittheilung der folgenden Aufzeichnungen veranlafst. Es bedarf wohl keiner befonderen Verficherung mehr, dafs die vorgetragenen Speculationen nicht betrachtet fein wollen als die Bauſteine einer wiffenfchaftlichen Theorie — dazu dürfen nur feftftehende Thatfachen benutzt werden — fondern als aufgeworfene Fragen, als die feinere Zergliedernng eines Problems. Die wiffenfchaftliche Präcifirung einer in allgemeinen Umriffen gegebenen Aufgabe ift aber der erfte Schritt zu ihrer Löfung.

Hypothefen haben ja in der Wiffenfchaft nur die Bedeutung von Problemen, die man prüfen foll; fie find Triebfedern zum Fortfchritt in der Erkenntnifs, nicht felbft Fortfchritt. Dies wird genügen, um meine eigene Meinung über die gelegentlich von mir entwickelten Hypothefen darzulegen.

Das Leben ift nicht das Ergebnifs von Wirkungen einer *befonderen Kraft*, fondern ein *befonderer Zuftand*, getragen von einer eigenthümlich combinirten Wechfelwirkung der allgemeinen materiellen Kräfte, wodurch eigenartige Bewegungen der belebten Subftanz veranlafst werden; diefe Kräftewirkungen können ihrerfeits nur bedingt fein durch die Conftruction des Apparats, in dem fie zur Wirkung gelangen, durch den Bau des lebenden Organismus. Die Subftanz und die Art der Bewegungen in den Organismen bilden fomit das Arbeitsfeld der biologifchen Naturforfchung. Subftanz und Bewegung der materiellen Welt im Allgemeinen find aber das Arbeitsgebiet der Phyfik, und daraus folgt, dafs die Wege der phyfiologifchen Forfchung fich nach denen der phyficalifchen im Allgemeinen werden richten müffen. Die Phyfik ift in der angenehmen Lage, fich ihre körperlichen Syfteme, mit denen fie arbeitet, fo einfach wie möglich zu conftruiren, während die Phyfiologie in den Organismen die complicirteften Gebilde, die es giebt, als gegeben hinnehmen mufs. Es ift alfo Nichts natürlicher, als dafs der Phyfiologe ftets befliffen fein mufs, die Refultate und Fortfchritte der Phyfik für die eigene Forfchung nutzbar zu machen, um dadurch zu verfuchen, auch das über dem Mechanismus des Lebens lagernde Dunkel zu erhellen.

Wenn wir fehen, dafs die Makrokosmos-Mafchine, zunächft unfer Planetenfyftem, durch Wechfelwirkung einfacher Kräfte im Gange gehalten wird, fo liegt es nahe, zu fragen, inwiefern folche einfachen Kräfte auch zur Erklärung der Mechanik des Protoplasma-Mikrokosmos ausreichen, beziehungsweife für die Lebenserfcheinungen der Organismen überhaupt. Diefe Frage mufs aber, wie ich glaube. zunächft für den *Elementarorganismus*, das Protoplasma discutirt werden, weil in ihm die Functionen des organifchen Lebens in ihren allgemeinften Zügen zur Geltung kommen.

Das Grundproblem, deffen Löfung ich als weitausfchauendes Ziel der Phyfiologie hinftellen möchte, und um welches alle nachftehend entwickelten Gedanken fich gruppiren, ift, zu unterfuchen und zu entfcheiden: *Wie weit läfst fich die phyficalifche Naturbetrachtung**) *für die Auffaffung der Lebenserfcheinungen des Protoplasma verwerthen, bis zu welchem Puncte ift die mechanifche Methode für die Analyfe der phyfiologifchen Proceffe anwendbar?*

Gewifs war es eine Uebereilung, wenn ein hervorragender Mathematiker den Ausfpruch that, in den Naturwiffenfchaften ftecke nur foviel wahre Wiffenfchaft, als Mathematik darin enthalten fei. Wollten wir in diefer Behauptung das Wort »Mathematik« durch das Wort »Phyfik« erfetzen, fo würde ich dies Urtheil ebenfalls für ungerechtfertigt halten. Dennoch bin ich darüber keinen Augenblick im Zweifel, dafs diejenige Naturbetrachtung, die wir aus allen Kräften anftreben und fördern müffen, die *phyfikalifche* ift. Speciell im Gebiete der Biologie werden wir auf jedem Puncte, wo es uns gelingt, der phyfikalifchen Behandlung Eingang zu verfchaffen, einen Sieg verzeichnen dürfen; daher können wir es als die Hauptaufgabe der heutigen Biologie hinftellen, die phyfikalifche Betrachtungsweife möglichft weit auf dem Gebiete des organifchen Lebens vorzufchieben, — ob fie ausreichen wird, dies Gebiet zu erfchöpfen, von feinen Geheimniffen den letzten Schleier hinwegzuziehen, die letzte, durch das Leben

*) Darin ift natürlich die Chemie als Mechanik der Atome eingefchloffen.

geftellte Frage zu beantworten — darüber wird man vielleicht erft nach Jahrtaufenden urtheilen können.

Vielleicht wird man auch nur dahin gelangen, mit gröfserer Sicherheit die Grenze zu beftimmen, welche für die Anwendbarkeit der phyficalifchen Betrachtung und Behandlung geftattet ift. Es würde fchon einen Fortfchritt von ungeheurer Wichtigkeit bedeuten, wenn fich mit *Sicherheit feftftellen* liefse, dafs ein Theil der phyfiologifchen Vorgänge, wie es gegenwärtig allerdings den Anfchein befitzt, über die Grenzen des Bereiches der Phyfik hinausragt. Dabei ift natürlich in erfter Linie an den Eigengeftaltungstrieb der Pflanzen und die Erblichkeit zu denken, für welche zu entfcheiden ift, ob fie als phyficalifche oder als pfychifche Functionen angefehen werden müffen*). Auch die Frage ift zur Zeit noch eine offene, ob in der Schwärmfpore einer Alge, in den Spermatozoiden, im Plasmodium eines Schleimpilzes, im Protoplasmaleib einer Parenchymzelle Spuren eines Bewufstfeins vorhanden find, wie die höheren Thiere es in ftufenweife vervollkommneter Entwicklung befitzen.

»Die erfte lebendige Materie« fagt E. PFLÜGER**) »am Anfang der Dinge mufs die Fähigkeit befeffen haben, fich zu ernähren, zu wachfen, fich fortzupflanzen, fowie in zweckmäfsiger Weife auf ihre Umgebung zu reagiren. Die fundamentalften Probleme der Phyfiologie find alfo eigentlich fchon mit der erften lebendigen Urmaterie gegeben«. — — Es tritt uns nun die Frage entgegen, »ob die fo wunderbar zweckmäfsige,***) alfo vernünftige Arbeit, die *alle* Zellen verrichten, nur in den Ganglienzellen des centralen Nervenfyftems von dem hellen Tage des Bewufstfeins erleuchtet wird, während die fpecififch analoge Arbeit der anderen Schwefterzellen des Organismus

*) Vergl. hierzu HANSTEIN, das Protoplasma S. 138 ff.

**) Vergl. PFLÜGER, die teleologifche Mechanik der lebendigen Natur, Archiv für Phyfiologie Bd. 15. S. 57 ff. 1877.

***) »Endlos wäre die Reihe von Thatfachen, welche man zur Erhärtung des Satzes aufzählen könnte, dafs die Variation der zahllofen Lebensfactoren je nach den Umftänden verfchieden, aber der Regel nach durch kein anderes Princip beherrfcht fcheint, als das der zweckmäfsigften Sicherung der Exiftenz«. (PFLÜGER).

auch felbft der fchwachen Dämmerung eines Bewufstfeins entbehrt, das dem Gehirnbewufstfein (dem Ich) verborgen bleibt, weil zwifchen beiden kein directer Verkehr befteht«.

Kommende Gefchlechter werden in diefer Richtung vielleicht klarer zu blicken vermögen, als wir, die wir, wie ich glaube, gut thun, die Löfung diefer Frage als eine *cura posterior* zurückzuftellen und vorerft zu verfuchen, wie weit mit den Methoden der Phyfik und Chemie zu kommen ift. Dies hier von mir aufgeftellte Princip wird, wie ich hoffe, um fo weniger einem Widerfpruche begegnen, als es ja gar keinen *neuen* Gedanken und Gefichtspunct enthält und auch bereits thatfächlich den meiften phyfiologifchen Unterfuchungen zu Grunde liegt. —

Bezüglich der durch diefe Abhandlung fich hinziehenden methodologifchen Principien glaube ich auf dem Wege weiter gefchritten zu fein, den ich vor zwei Jahren bei meinen Studien über *Quellung**) eingefchlagen habe: ich meine nämlich, man foll im Hinblick auf die im Organismus fich abfpielenden phyficalifchen Proceffe den Organismus zunächft anfehen als ein materielles Syftem (Syftem materieller Punkte). Man foll dann einerfeits unterfuchen, wie die am Organismus beobachteten Erfcheinungen in Einklang zu fetzen find mit den *allgemeinen* Eigenfchaften eines materiellen Syftems überhaupt; andererfeits aber foll man einem möglichft einfach gedachten materiellen Syftem die am Organismus oder feiner Subftanz gefundenen Eigenfchaften beilegen, und dann unterfuchen, wie fich ein folches etwa aus zwei Punkten beftehendes Syftem — wenn es z. B. als mit Waffer quellbar gedacht wird — nunmehr verhält. Durch Combination der Ergebniffe diefer beiden rein theoretifchen Unterfuchungen wird man, wie ich glaube, ftets zu allgemeineren Gefichtspunkten geführt werden, welche für die Beurtheilung des Phänomene des organifchen Lebens fich als fruchtbringend erweifen.

Was endlich den Titel der Abhandlung betrifft, fo deckt fich

*) Unterfuchungen über die Quellung einiger vegetabilifcher Subftanzen. Bonn 1879.

derfelbe mit ihrem Inhalt nicht immer ganz genau, weil doch wohl nicht Alles problematifch ift, was darin fteht; es wollte fich aber kein befferer Titel finden.

I. Der Begriff des Protoplasma.

Darüber, was man im Inhalt der Pflanzenzelle Protoplasma zu nennen habe, ift in den letzten Decennien kaum irgend ein Zweifel aufgeftiegen, faft überall hat in der Anwendung diefes Begriffes eine erfreuliche Uebereinftimmung geherrfcht. Wenn man jedoch den Entfchlufs gefafst hat, für einen längeren Zeitraum feine Arbeitskraft der genaueren Erforfchung eines abgegrenzten wiffenfchaftlichen Gebietes zu widmen, fo wird man nicht unterlaffen, auch den *Begriff* des gewählten Unterfuchungsobjectes genauer zu zergliedern und aus verfchiedenen Richtungen zu beleuchten, weil einmal daraus die Stellung verfchiedener Specialfragen erwachfen kann, und fodann, weil auch jene allgemeinere Frage unfere Beachtung verdient, ob ein Begriff, wie der des Protoplasma, im Laufe der Entwicklung unferer Wiffenfchaft entftanden, mit fortfchreitender Ausdehnung unferer Kenntniffe überhaupt noch haltbar fei, oder nicht wenigftens Einfchränkungen und Modificationen erheifche. Um über diefen Gegenftand Klarheit zu gewinnen, wird es fich empfehlen, in hiftorifchem Rückblick die wichtigeren der bisher über das Protoplasma veröffentlichten Arbeiten in Beziehung auf diefen Punkt zu prüfen.

Begriff und Name des Protoplasma finden wir zuerft durch MOHL feftgeftellt (Bot. Zeit. 1846, S. 74). In feiner fpäteren Schrift über die Zelle*) definirt MOHL fein Protoplasma als eine trübe, zähe, mit Körnchen gemengte Flüffigkeit von weifser Farbe, welche mit

*) H. v. MOHL, Grundzüge der Anatomie und Phyfiologie der vegetabilifchen Zelle, Braunfchweig 1851, S. 200 und 202.

Jod fich gelb färbt, von Alkohol und Säuren gerinnt und Eiweifs in reichlicher Menge enthält, welche fich aber nicht mit dem Zellfafte mifcht. Kurz vor dem Erfcheinen der letztgenannten Schrift von MOHL hatte bereits FERD. COHN*) das Protoplasma der Pflanzenzellen und die animalifche Sarkode für wefentlich übereinftimmende Gebilde erklärt, während man von zoologifcher Seite erft viel fpäter**) für die Sarkode ebenfalls den Namen Protoplasma eingeführt hat.

In ähnlicher Weife wie von MOHL wird der Begriff Protoplasma auch von PRINGSHEIM***) gefafst; derfelbe bezeichnet das Protoplasma (oder Plasma) als eine feinkörnige, zähflüffige, formlofe Maffe, die nur wegen ihrer fchleimigen Confiftenz, die einen gewiffen Zufammenhang in der Maffe hervorruft, als ein Ganzes aufgefafst werden kann.

Schon die angeführten Aeufserungen find hinreichend, um darzuthun, dafs der Begriff des Protoplasma zunächft als ein rein anatomifcher, *morphologifcher*, gebildet wurde, während man die chemifchen Eigenfchaften deffelben nur in zweiter Linie berückfichtigte; die Microfkopiker würden diefen Begriff unzweifelhaft aufgeftellt haben, auch wenn es ihnen nicht gelungen wäre, Stickftoff- oder Eiweifs-Reactionen in der Subftanz des Protoplasma hervorzurufen.

Ich wende mich nun fogleich zu den für die Kenntnifs des Protoplasma wichtigen Unterfuchungen von DE BARY†) und CIENKOWSKI††) über die *mesentericae* oder Plasmodien der Schleimpilze. Beide Forfcher ftimmen darin überein, dafs fie die Plasmodien in ihrer Totalität für Sarkode oder Protoplasma erklären; dagegen gehen fie in den Schlufsfolgerungen auseinander, welche fie aus den microfkopifch beobachteten Bewegungserfcheinungen über die Structur der

---

*) COHN, Nova acta ect. XXII, S. 605 ff. 1850.

**) MAX SCHULTZE, das Protoplasma, Leipzig 1863.

***) Unterfuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle. Berlin 1854, S. 5 ff.

†) Die Mycetozoen. Leipzig 1864. — Vorher fchon in Zeitfchr. f. wiffenfchaftl. Zool. X. 1860.

††) Zur Entwicklungsgefchichte der Myxomyceten und: Das Plasmodium. PRINGSHEIMS Jahrb III, 1863.

Protoplasmafubftanz glauben ableiten zu follen. Nach CIENKOWSKI*) ift das Protoplasma keineswegs als eine homogene, zähe Flüffigkeit aufzufaffen, es befteht vielmehr aus zwei verfchiedenen Subftanzen, einer hyalinen, zähen, contractilen Grundmaffe, die an den Umriffen der Zweige als ein heller Saum erfcheint, und einer feinkörnigen Flüffigkeit. Die erfte Subftanz ift contractil und dehnbar, fie befitzt eine dichtere Confiftenz als die Flüffigkeit. Die beiden Subftanzen verhalten fich aber gegeneinander nicht etwa blos wie Hülle und Inhalt, fondern die hyaline (contractile) ift ebenfo wie die flüffige auch im Innern des Plasmodiums enthalten, fie ift fo zu fagen das Bindemittel für das Ganze; ihre Dehnbarkeit ift fo grofs, dafs fie der anderen in Strömen fliefsenden Subftanz in allen Richtungen freien Durchgang geftattet, was fich befonders deutlich bei der Verfchmelzung zweier Plasmodienäfte zu erkennen giebt. Die in hohem Grade contractile Grundfubftanz**) befindet fich nicht felten ganz in Ruhe, während die körnerführende Flüffigkeit in ihr entlang ftrömt; die Grundmaffe ift aber auch einer felbftändigen, von der fliefsenden Subftanz unabhängigen Bewegung fähig.

Diefe Auffaffung wird von DE BARY***) bekämpft; nach ihm befteht das Protoplasma nicht aus zwei verfchiedenen, fondern nur aus einer Subftanz, welchen an verfchiedenen Punkten verfchiedene und wechfelnde Cohäfion und Beweglichkeit befitzt, und foll der flüffige Zuftand überall in den fefteren übergehen können†). »Beide Subftanzen müffen daher wefentlich die gleiche Zufammenfetzung haben, und find nur durch den Grad der Cohäfion, der Flüffigkeit und Beweglichkeit von einander verfchieden, welche an jedem Punkte abwechfelnd zu- oder abnehmen kann« ††). Diefe abweichende Auffaffung wird jedoch von DE BARY durch kein einziges entfcheidendes

*) l. c. S 326.
**) l. c. S. 405 ff.
***) l. c. S. 55.
†) l. c. S. 47.
††) l. c. S. 45.

Argument geſtützt, denn die Neubildung der contractlilen Randſchicht bei Durchſchneidung eines Plasmodiumaſtes läſst ſich ebenſo gut nach der Auffaſſung von CIENKOWSKI erklären, indem man annimmt, daſs die contractile Grundmaſſe über der Wundfläche lückenlos zuſammenſchlieſst und die körnerführende Flüſſigkeit nach innen drängt.

KÜHNE*) faſst ebenfalls die ganzen Plasmodien der Schleimpilze als Protoplasma auf, ebenſo denjenigen Theil des Zelleninhalts der Staubfadenhaare von *Tradescantia*, welchen man allgemein als Protoplasma anſieht.

HOFMEISTER**) definirt das Protoplasma folgendermaſsen: »Es iſt allerwärts ein weſentlich gleichartiger Körper von zähe flüſſiger Beſchaffenheit, reichlich Waſſer enthaltend, von leichter Verſchiebbarkeit ſeiner Theile; quellungsfähig, in hervorragender Weiſe die Eigenſchaften einer Colloidſubſtanz beſitzend — ein Gemenge verſchiedener organiſcher Subſtanzen, unter denen eiweiſsartige Stoffe und ſolche der Dextrinreihe nie fehlen, von der Conſiſtenz eines mehr oder minder dicklichen Schleimes, mit Waſſer nur langſam und nicht in jedem beliebigen Verhältniſſe mengbar«.

HANSTEIN***) rechnet zum Protoplasma im Allgemeinen die gleichen Zellenbeſtandtheile, wie ſeine Vorgänger, auch die Plasmodien der Myxomyceten werden von ihm als nur aus Protoplasma beſtehend aufgefaſst†). Dabei zeigt ſich bei HANSTEIN eine Hinneigung zu dem unter den Zoologen verbreiteten Dogmatismus, die Subſtanz des Protoplasma als ein »Albuminat« oder als ein Gemenge von Albuminaten anzuſehen, indem er hierbei einen hypothetiſchen Eiweiſsſtoff annimmt und mit dem Namen Protoplaſtin belegt, welcher die Subſtanz des Protoplasma bilden ſolle. »Immerhin wird es einſtweilen nützlich ſein, die ſpecielle Albuminatform, welche die Maſſe

*) Unterſuchungen über das Protoplasma und die Contractilität. Leipzig 1864.

**) Die Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig 1867.

***) Das Protoplasma als Träger der pflanzlichen und thieriſchen Lebensverrichtungen. 1879.

†) l. c. S. 54.

des Protoplasmas aller Pflanzenzellen zu bilden scheint, und die vielleicht auch die Grundlage der Kernmasse und der Microsomen ausmacht, oder ihr beigemischt ist, mit einem einfachen Namen zu bezeichnen, der freilich einstweilen um so mehr einen nur hypothetischen Werth haben kann, als wir noch nicht wissen, ob dies eben eine einheitliche Albuminatverbindung ist, oder ein Gemenge mehrerer. Aus der hier entwickelten Anschauung heraus sei mithin dasjenige einheitliche Albuminat oder diejenige Gesellschaft von Albuminaten, deren Natur sie befähigt, allen den vom Protoplasmaleib ausgehenden, mechanischen, chemischen, vitalen Leistungen als Werkzeug und Vermittelungssubstanz zu dienen, mit der Benennung «Protoplastin« benannt« *). Ferner: »Es liegt kein Grund vor, das fliessende und das festgestaltete Protoplasma als aus chemisch verschiedenen Verbindungen bestehend zu denken. Beide scheinen vielmehr nur Formen des gleichen Protoplastins zu sein, welche nur durch ihren Wassergehalt von einander abweichen« **). Aehnlich äussert sich auch HANSTEIN in seiner hinterlassenen Abhandlung: Einige Züge aus der Biologie der Protoplasma. Bonn 1880. Z. B. folgendermassen S. 9: »Endlich will Verfasser diejenige *einzelne* Eiweissubstanz oder diejenige *Gruppe mehrerer* verwandter Eiweisstoffe, welche nach heutigem Stand unserer Kenntnisse — oder besser Annahmen — die eigentlich thätige Masse des Protoplasmaleibes ausmachen und welche zur Zeit *allein* geeignet scheinen, die Träger und ersten Angriffspuncte, selbst die einzig greifbare stoffliche Quelle der vitalen Verrichtungen und Triebe zu sein, als hypothetische Stoffverbindung oder Verbindungsgruppe mit dem hypothetischen Namen »*Protoplastin*« belegen«. Ferner Seite 8: »Das Wort *Protoplasma* bedeutet für den Verfasser lediglich den gesammten organisirten, lebendigen, aus eiweissartiger Substanz bestehenden, feste, weiche und flüssige Theile umfassenden Zellenleib im Gegensatz einerseits zur Cellulose = Wand, andererseits zu dem das Innere erfüllenden »*Zellsaft*«, endlich zu den sämmtlichen im Zellinneren

*) l. c. S. 25.
**) l. c. S. 38.

oder felbft im Körper des Protoplasma enthaltenen, zum Theil verborgenen, formlofen oder geformten Subftanzen, welche theils zur chemifchen Arbeit noch beftimmt, theils fchon verarbeitet, felbft organifirt (z. B. Stärke), etwa zu fpäterem Verbrauch darin enthalten find. Alle diefe letzteren heifsen für den Verfaffer »*Umbildftoffe*«, Metaplasmata. (Selbftverftändlich find davon gänzlich bei Seite gelegte *Secrete* wie etwa Kalkoxalat noch zu unterfcheiden«.)

Es erfchien mir zweckmäfsig, einige der bezeichnenften Aeufserungen HANSTEIN'S wörtlich hierher zu fetzen, weil feine Andeutungen über die von ihm gefchaffenen Begriffe »Protoplaftin« und »Metaplasma« fich nur fchwierig referiren laffen würden. Auch glaube ich, dafs aus der angeführten Definition HANSTEIN'S in Betreff des Protoplaftins ohne Commentar erfichtlich ift, dafs diefer Begriff etwas wefentlich anderes bedeutet, als das in den Plasmodien von Aethalium unterfchiedene *Plaftin*, welch' letzterer Name einen durch rein chemifche Merkmale gekennzeichneten Körper bezeichnet.

In Bezug auf feine Auffaffung der anatomifchen Structur des Protoplasma fucht HANSTEIN zwifchen den Anfchauungen von CIENKOWSKI und von DE BARY offenbar zu vermitteln. Er unterfcheidet die flüffigen Theile des Protoplasma von den feften und bezeichnet erftere mit dem fehr zweckentfprechenden Namen *Enchylema:* dann aber glaubt er, dafs die fefte Hautfubftanz allmälig in das ftrömende Körnerplasma übergehe; es fei die gleiche Subftanz, die kleinften Theilchen aber lockerer oder fefter verbunden*). Die in der hyalinen Grundfubftanz des Protoplasma fichtbaren und verfchiebbaren kleinen Körnchen werden von HANSTEIN als »*Microfomen*« bezeichnet.

Nachdem bereits früher durch HOHMEISTER**) eine radiale Streifung und eine undeutliche Schichtung in der Hautfchicht von Plasmodien des *Aethalium septicum* angegeben worden war, nachdem ROSANOFF***) eine ähnliche Differenzirung, d. h. eine Gitterung,

*) Das Protoplasma. S. 38.

**) Die Lehre von der Pflanzenzelle. S. 25.

***) HOFMEISTER l. c. S. 369.

für die protoplasmatische Grundsubstanz der Chlorophyllkörner von *Bryopsis* beobachtet hatte, verdanken wir weitere Kenntnisse über innere Structurverhältnisse das Protoplasmaleibes der Zelle den Arbeiten STRASBURGERS*); derselbe zeigte zunächst, dass bei den Vorgängen der Kerntheilung ein Theil der Substanz des Protoplasmaleibes der Zelle sich zu feinen Fibrillen sondert, den Spindelfasern, während in anderen Fällen, namentlich bei der freien Zellbildung, das Protoplasma eine gegen den Kern radiär gerichtete Streifung zeigt; die dabei auftretende Differenzirung der eigentlichen Kernsubstanz soll hier nicht weiter berührt werden. Ferner zeigte STRASBURGER, dass die Hautschicht der Schwärmsporen von *Vaucheria* von dichteren, radial stehenden Stäbchen durchsetzt wird, denen die Wimpern aufsitzen, während das innere Protoplasma der Schwärmspore einen netzförmig gekammerten Bau erkennen läfst; diese letztere Structur findet sich besonders auch in den Eiern der Coniferen und Gnetaceen. »Das Protoplasma des Eies von Ginkgo« sagt STRASBURGER**) »ist sehr locker gebaut, es bildet polygonale, mit Zellsaft erfüllte Kammern. Im optischen Durchschnitte erscheint es daher als Netzwerk. Alle Körnchen liegen in und an den Wänden der Kammern«. Nach dem Vorgange PRINGSHEIM'S unterscheidet auch STRASBURGER im Protoplasma Hautschicht und Körnerschicht oder Körnerplasma, er hält die Grundsubstanz des letzteren für verschieden von der Substanz der Hautschicht, doch können beide auseinander hervorgehen: überhaupt erklärt STRASBURGER das Protoplasma für einen äusserst complicirten Körper.

Besonderes Interesse gewähren FERDINAND COHN'S***) Aeusserungen über die Organisation der Schwärmsporen von *Gonium Tetras*, sowie einiger anderer Primordialzellen. Erwähnung verdient namentlich seine Auffassung der functionellen Bedeutung der contractilen Vacuolen. »Es ist in hohem Grade wahrscheinlich«, schreibt COHN,

*) Zellbildung und Zelltheilung. — Studien über das Protoplasma. Jena 1876.
**) Zellbildung. 3. Aufl. S. 46.
***) Beiträge der Biologie der Pflanzen. II. S. 101 ff. 1877.

»dafs diefe Vacuolen, welche ftets dicht unter der Hautfchicht oder Cuticula liegen und bei der Contraction mitunter in ein ftrahlenartig den Körper durchziehendes Syftem feiner Kanälchen fich umwandeln, eine befondere Organifation der Zelle darftellen, welche zur Aufnahme fauerftoffhaltigen Waffers von Aufsen, und zur Vertheilung deffelben im Körperplasma angepafst ift, dafs fie alfo die erften Andeutungen eines Refpirations- und Circulationsfyftems find«. Nach einer weiteren Befprechung der microfkopifchen Differenzirung folcher Zellen äufsert diefer Forfcher die folgende Anficht: »Offenbar tritt uns hier eine weiter und weiter gehende Localifirung einzelner Lebensfunctionen in beftimmten Regionen einer und der nämlichen Zelle entgegen, welche fpeciellen Zwechen entfprechend organifirt werden«.

Einzelheiten einer feineren Structurdifferenzirung im Protoplasma der Erbfe find auch von TANGL*) befchrieben worden, bezüglich deren hier aber auf das Original hingewiefen werden mufs.

Demnächft hat PRINGSHEIM**) die Grundfubftanz der Chlorophyllkörner genauer unterfucht und gefunden, dafs diefelbe aus einem feinen, netzartigen Gerüft befteht, deffen Mafchen von dem Löfungsmittel des Chlorophyllfarbftoffes erfüllt werden.

Neuerdings find weitere Angaben über die microfkopifch unterfcheidbare Structur des Protoplasma durch FROMMANN***) veröffentlicht worden.

Derfelbe befchreibt in dem Protoplasma lebender Pflanzenzellen ein Netzwerk überaus feiner Fäden, die Knotenpuncte diefes Netzwerks erfcheinen ihm als Körnchen. In einzelnen Fällen, wo das Protoplasma nicht netzig differenzirt erfcheint, find die Mafchen zu enge, um gefehen werden zu können, nur ihre Knotenpuncte find dann als Körnchen erkennbar. In weitmafchigen Netzen zeigen die

*) TANGL, das Protoplasma der Erbfe; zwei Abhandlungen. Sitzungsber. d. Kgl. Acad. d. Wiffenfch. in Wien 1877 u. 1878.

**) Monatsber. d. Berl. Acad. d. Wiffenfch. Nov. 1879 und Jahrb. f. wiffenfchaftl. Bot XII. S. 289 ff. 1881.

***) Beobachtungen über Structur und Bewegungserfcheinungen des Protoplasma der Pflanzenzelle. Jena 1880

Fäden deutliche Contractilitäts-Bewegungen, man fieht fie erzittern und oscilliren; einzelne Fäden eines Netzes können fich theilen, felbft in Körner zerfallen, andere Fäden verfchmelzen mit einander, neue treten aus älteren feitlich hervor, kurz diefe Fäden oder *Fibrillen* machen die mannigfachften Bewegungen und Maffenverfchiebungen durch. Auch die Zellwand ift nach FROMMANN kein Secret des Protoplasmaleibes, fondern durch direkte chemifche Umwandlung der äufseren Protoplasmafchichten entftanden.

Einige kurze Mittheilungen von SCHMITZ*), deffen Unterfuchungen unabhängig von FROMMANN über den gleichen Gegenftand angeftellt wurden, liefern ein im Wefentlichen mit demjenigen FROMMANN'S übereinftimmendes Ergebnifs hinfichtlich der feineren microfkopifchen Structur des Protoplasma. — —

Ueberblicken wir jetzt nochmals die Anwendung des Begriffes Protoplasma durch die verfchiedenen genannten und durch andere Autoren, fo ergiebt fich die Begriffsbeftimmung faft überall als eine anatomifche oder morphologifche. Es ift eigentlich nur HANSTEIN, welcher diefen Begriff chemifch zu definiren fucht, und in diefem Verfuche vermag ich ihm nicht beizupflichten; denn er ftützt fich auf eine willkürliche Annahme und folgert daraus hypothetifche Schlüffe. Das Wefentlichfte in den Definitionen HANSTEIN'S fcheint mir die Trennung von Protoplasma und Metaplasma zu fein; das erftere foll nur die Eiweifsftoffe, das letztere die Stärkekörner, Oeltropfen und alle (?) nicht eiweifsartigen Subftanzen auch in demjenigen Theile des Zellinhalts umfaffen, welchen man gewöhnlich Protoplasma nennt. Dann aber rechnet HANSTEIN fein Enchylema doch wieder zum Protoplasma. Ich meinerfeits glaube, dafs man diefe Eintheilung in Protoplasma und Metaplasma beffer fallen läfst; wollte man nur die Eiweifsftoffe als Protoplasma gelten laffen, fo wäre eine morphologifche Umgrenzung des Begriffes, wie fie bis jetzt allgemein in der Wiffenfchaft gehandhabt wurde, überhaupt nicht möglich. Will man

*) Sitzungsber. d. niederrhein. Gef. v. 13. Juli 1880.

z. B. das Plaſtin wegen ſeines geringen Stickſtoffgehaltes nicht zu den Eiweiſskörpern rechnen, ſo würden in der Trockenſubſtanz der Plasmodien von Aethalium septicum nur etwa 6 pCt. auf »Protoplasma« entfallen. Will man dagegen auch nichteiweiſsartige Körper dem Protoplasma zuzählen, ſo würde die Grenze zwiſchen Protoplasma und Metaplasma eine noch willkürlichere ſein; man würde eventuell genöthigt ſein, unter den Botanikern durch Abſtimmung und Majorität zu entſcheiden, ob z. B. Lecithin oder Choleſterin u. ſ. w. zum Protoplasma oder zum Metaplasma gehören ſollen. Ich ziehe es daher vor, auf das Metaplasma ganz zu verzichten und ſtatt deſſen den Begriff des Protoplasma in der urſprünglichen Faſſung, d. h. als einen rein morphologiſchen, feſtzuhalten. Die Plasmodien der Myxomyceten beſtehen für mich nur aus Protoplasma. Dann gebe ich nichts weiter Preis, als das aus willkürlichen Annahmen hervorgegangene Dogma, daſs das Protoplasma »lebendes Eiweiſs« ſei. Aus dieſen Gründen hat ſich für mich durch den Nachweis der zahlreichen chemiſchen Individuen im Protoplasma von Aethalium eine Nöthigung zur Aenderung des bisherigen Begriffes Protoplasma *nicht* ergeben. — — —

Man braucht natürlich den Begriff des Protoplasma nicht blos in morphologiſcher und phyſiologiſcher, man vermag ihn auch in phyſikaliſcher und chemiſcher Hinſicht zu behandeln.

In *phyſikaliſcher* Hinſicht iſt das Protoplasma, um einen möglichſt allgemeinen Ausdruck zu gebrauchen, ein *materielles Syſtem von ſpecifiſcher Configuration und ſpecifiſcher Bewegung;* durch dieſe Configuration (d. h. die relative Lage ſeiner Theilchen) und durch ſeine Bewegungen werden die Leiſtungen des Protoplasma bedingt.

In *chemiſcher* Hinſicht wäre das Protoplasma als ein *Gemenge* ſehr zahlreicher verbrennlicher und unverbrennlicher Verbindungen zu betrachten, unter denen zunächſt das Waſſer und dann, wenigſtens bei *Aethalium septicum*, eine eiweiſsähnliche Subſtanz, das Plaſtin, quantitativ prävaliren. Die chemiſche Zuſammenſetzung iſt aber keine conſtante, ſondern unausgeſetztem Wechſel und fortwährenden Veränderungen unterworfen. Das lebensthätige Protoplasma repräſentirt

in chemifcher Hinficht keinen Gleichgewichtszuftand feiner Beftandtheile, fondern einen Strom und Wirbel durch einander ftürmender Atombewegungen.

Auch diefe chemifchen Eigenfchaften des Protoplasma laffen fich auf feine phyfikalifchen zurückführen und erfcheinen dann als Eigenthümlichkeiten der Configuration und der Bewegung deffelben.

Aus *biologifchem* Gefichtspuncte (ich verftehe darunter den morphologifchen und den phyfiologifchen) betrachtet ift das Protoplasma ein *Organismus*. Es fcheint nicht nöthig, auf diefen Begriff hier ausführlicher einzugehen, weil derfelbe oft genug Gegenftand von Unterfuchungen gewefen ift. Nur ganz kurz mag hervorgehoben fein, dafs ich einen Organismus als einen mechanifchen Apparat aufzufaffen geneigt bin, der, aus eigenthümlichen Subftanzen conftruirt, durch das Gefüge feiner Theile eigenartige Bewegungen automatifch zum Ausdruck bringt, der unter Formwechfel und Stoffwechfel fich entwickelt, fremde Subftanzen durch Affimilation in Subftanz des eigenen Körpers umzuwandeln vermag, der hierdurch an Maffe zunimmt und durch Theilung fich in das Unbegrenzte vermehren kann, deffen Entwicklung endlich mit dem Tode abfchliefst.

Es erhellt ohne Weiteres aus diefer Definition, dafs wir auch den biologifchen Gefichtspunct dem phyfikalifchen unterzuordnen vermögen, denn die morphologifche Betrachtung des Protoplasma bezieht fich auf feine Configuration, die phyfiologifche auf feine Bewegung. Aus diefem Gedankengange ergiebt fich auch die allein durchführbare Definition von Morphologie und Phyfiologie, und zugleich der innige Zufammenhang beider Disciplinen, da in jedem materiellen Syfteme Configuration und Bewegung wechfelfeitig einander bedingen.

Nachdem wir fo die allgemeinften Beziehungen hervorgehoben haben, welche den Begriff des Protoplasma darbietet, wollen wir noch auf einige fpeciellere Verhältniffe eingehen.

Zu den bemerkenswertheften Eigenthümlichen des Protoplasma gehören feine Contractilität und die davon abhängigen Bewegungen

feiner Subftanz; feine Irritabilität; fein eigenthümlicher Chemismus; die Mannigfaltigkeit feiner fpecififchen, erblichen Eigenfchaften.

Dafs die Körpermaffe des Protoplasma, wenigftens von *Aethalium septicum*, fich aus zwei differenten Theilen zufammenfetzt, einem feften aber plaftifch weichen und einer Flüffigkeit, darf wohl durch den gelungenen Verfuch, die beiden Beftandtheile durch Abpreffen von einander zu trennen, als endgültig feftgeftellt angefehen werden. Wenn wir dem Protoplasma, wie es ja allgemein gefchieht, Contractilität zufchreiben, fo ift dies auch garnicht anders denkbar. Denn wir verftehen unter Contractilität die Eigenfchaft eines Körpers fich zu verkürzen und dabei gleichzeitig breiter (dicker) zu werden, oder fich zu verlängern und fich gleichzeitig zu verfchmälern. Wenn wir folche Contractilitäts-Bewegungen in rhytmifchem Wechfel eintreten fehen, wenn durch fie mechanifche Arbeit geleiftet wird, wenn ihre Richtung ebenfo gut gegen als mit der Schwerkraft fallen kann, fo kann in einem derartig contractilen Körper nicht ausfchliefslich ein molecularer Gleichgewichtszuftand herrfchen, wie in einer Flüffigkeit, die, fich felbft überlaffen, einen Tropfen bildet. Es mufs zum Mindeften ein Theil der Subftanz den feften Aggregatzuftand befitzen, was immerhin mit einer fo grofsen Verfchiebbarkeit der Theilchen vereinbar ift, wie fie der contractile Zuftand erfordert. Als Träger der Contractilität im Protoplasma betrachte ich das *Plaftin*, welches im Verein mit anderen Beftandtheilen der feften Gerüftfubftanz ebenfo die Wimpern der Schwärmfporen und Spermatozoiden bildet wie auch die von FROMMANN für das Innere des Protoplasma angegebenen Fibrillen. Ich glaube ferner, dafs die Contractilitäts-Bewegungen des Protoplasma durch wechfelnde Verkürzung und Verlängerung der Plaftinfibrillen und Platten zu Stande kommen, und dafs diefe Contractionen und Expanfionen der Subftanz auf den einzelnen Längsfeiten einer Fibrille verfchieden fein können, fehen wir an den Schwingungen und der korkzieherförmigen Zufammenziehung der Wimpern an den Schwärmfporen. Im gewöhnlichen Protoplasma find, wie es fcheint, die Fibrillen

zu Netzen verbunden, liefen fie alle parallel, fo würde ein Plasmodiumaft fich einem Muskel, etwa einer glatten Muskelfafer, vergleichen laffen. Immerhin bilden die Plaftinfibrillen und Diaphragmen das *mechanifche Syftem* im Protoplasma, welches in der angedeuteten Weife die fpontanen, amöboiden Bewegungen deffelben unterhält.

Auch die Strömung des Enchylema im Innern des Protoplasma läfst fich theoretifch auf Contractionen der Gerüftfubftanz zurückführen. Wir brauchen dabei durchaus nicht zu erwarten, dafs ein ganzer Plasmodiumaft an der Stelle fich zufammenzieht, wo eine Saftftrömung ihren Urfprung nimmt, der Sitz der treibenden Contractionen kann in der inneren Gerüftfubftanz gelegen fein. Es würde dann die Strömung durch eine Art von Pumpwerk zu Stande kommen; foll dabei ein Strom continuirlich in einer Richtung fortlaufen, fo wird allerdings das Vorhandenfein von Klappen erforderlich, die vielleicht durch zarte Plaftin-Diaphragmen gebildet werden könnten. In neuerer Zeit ift durch VELTEN*) eine andere Hypothefe über die Urfache der Strömung im Protoplasma entwickelt worden, welche derfelbe in galvanifchen Strömen erblicken zu follen glaubt; ich glaube jedoch Beweife für die Unrichtigkeit diefer Vorftellung in Händen zu haben und werde diefelben an einer anderen Stelle mittheilen.

Wichtig für den Mechanismus der Contractilität ift noch die durch KÜHNE feftgeftellte Thatfache, dafs für das Zuftandekommen von Contractilitäts-Bewegungen die Gegenwart von freiem Sauerftoff nothwendig ift. Eine forgfältige Berückfichtigung verdient auch die durch ENGELMANN**) gemachte Entdeckung, dafs die contractilen Organe doppelbrechend zu fein pflegen und fich pofitiv einaxig verhalten, wobei die optifche Axe mit der Richtung der Verkürzung zufammenfällt. Da ENGELMANN auch das Protoplasma von *Actinosphaerium Eichhornii* doppelbrechend fand, fo glaubt er, dafs Contractilität ftets an das Vorhandenfein doppelbrechender Subftanz geknüpft fei.

*) Sitzungsb. d. Acad. d. Wiffenfch. in Wien. LXXIII. April 1876.
**) PFLÜGER'S Archiv XI. S. 432. 1875.

Mechanifch noch weniger interpretirbar als die Contractilität und automatifche Beweglichkeit ift die *Reizbarkeit* des Protoplasma. Wir wiffen namentlich aus dem bereits oben citirten Buche von KÜHNE, dafs das Protoplasma bei mechanifcher Reizung, z. B. durch Inductionsfchläge, die Tendenz zeigt, fich kugelig zufammen zu ballen. Auch Temperaturfchwankungen wirken als Reize, indem fie im Stande find, Contractilitäts-Bewegungen zu fiftiren. Das Licht, namentlich plötzlicher Wechfel in der Intenfität der Beleuchtung, wirkt als Reiz und vermag Contractilitäts-Bewegungen auszulöfen. So fand ENGELMANN*), dafs bei plötzlicher Beleuchtung das Protoplasma von *Pelomyxa palustris*, einem grofsen Rhizopoden des füfsen Waffers, fich contrahirt. Die im Dunkeln an der Oberfläche der Lohe fich ausbreitenden Plasmodien von *Aethalium septicum* ziehen fich bei intenfiver Beleuchtung in das Innere des Lohehaufens zurück. Wahrfcheinlich gehören auch die vom Lichte abhängigen Bewegungen der Chlorophyllkörner, der Schwärmfporen, der Diatomeen, Desmidieen und Oscillarien in diefe Gruppe von Erfcheinungen.

Zu dem für den Begriff des Protoplasma am meiften characteriftifchen Merkmalen gehört der eigenthümliche *Chemismus* deffelben; die beiden folgenden Abfchnitte find der Betrachtung deffelben ausfchliefslich gewidmet.

Endlich fei noch mit wenigen Worten des Art-Characters und der Erblichkeit gedacht, als deren Träger man allgemein das Protoplasma anfieht. Der Species-Character zeigt fich ja in den entfcheidenden Merkmalen conftant, indem z. B. aus dem Protoplasma der befruchteten Eizelle von *Halidrys siliquosa* ftets wieder Individuen der gleichen Art fich entwickeln. Ebenfo wiffen wir aber auch, dafs eine Reihe von Species-Merkmalen, die man als aufserwefentliche bezeichnen kann, Schwankungen unterliegen, variiren, fo dafs man niemals zwei Individuen von *Halidrys siliquosa* finden wird, welche einander vollftändig gleichen. Das Vermögen, Formen zu reprodu-

---

*) PFLÜGER's Archiv XIX, S. 1.

ciren, die in wefentlichen Stücken einander gleichen, ift die Erblichkeit. So wunderbar uns nun auch das fpecififche Entwicklungsvermögen des Protoplasma erfcheinen mufs, wenn ein *relativ* einfaches materielles Syftem, wie die befruchtete Eizelle von *Tilia*, durch blofse Anlagerung (Affimilation) materieller Theilchen zu einem fo relativ complicirten Syftem, wie der blühende Baum es ift, fich fchrittweife umwandelt — fo würden wir uns doch das einmal mit diefem Entwicklungsvermögen begabte Protoplasma *ohne* Erblichkeit garnicht denken können. Wir werden nicht umhin können, anzunehmen, dafs der Species Charakter z. B. von *Pinnularia virides* auf einer conftanten Organifation des Protoplasma, d. h. auf einer gegebenen Configuration feiner Theilchen beruhe. Wenn nun bei der Vermehrung durch Theilung fich der Protoplasmakörper in zwei Hälften fpaltet, fo liegt es doch offenbar näher, zu vermuthen, dafs in beiden Hälften eine dem Species-Character entfprechende, übereinftimmende Configuration der Theilchen befteht, als dafs in der einen Hälfte eine wefentlich andere Combination und Organifation Platz gegriffen haben foll. Auf jeden Fall würde das Protoplasma, als materielles Syftem betrachtet, unferer phyfikalifchen Auffaffung gröfsere Schwierigkeiten darbieten, wenn wir es uns ohne Erblichkeit vorftellen wollten, als fo, wie es ift; dies hindert aber nicht, dafs wir den Procefs der Vererbung morphologifcher Eigenfchaften bis jetzt im Einzelnen nicht zu erklären vermögen. Nur ganz allgemein können wir annehmen, dafs die fpecififche Organifation des Protoplasma einer gegebenen Pflanzenart beim Wachsthum die neu hinzutretenden Subftanztheile auf eine conftante Weife fich anzulagern und einzufügen weifs.

II. Die Hauptaufgaben der vergleichenden physiologischen Chemie des Protoplasma.

Die Unterfuchungen über das Protoplasma haben fich bisher vorwiegend auf dem Gebiete der Microfkopie bewegt; nicht blos die feineren Details der fichtbaren Structur hat man durch das Microfkop zu entziffern verfucht, fondern auch die Prüfung der ftofflichen Zufammenfetzung des Protoplasma ift in der Regel eine microchemifche geblieben.

Der Grund hierfür ift hauptfächlich in der Kleinheit der meiften Pflanzenzellen zu fuchen, indem ja bei einem chemifchen Studium des Protoplasma unmöglich ganze, aus vielen Taufenden von Zellen zufammengefetzte Pflanzen ohne Weiteres verarbeitet werden dürfen, weil fich bei diefem Verfahren die Beftandtheile der Zellwand, des Saftraumes und der Secrete von denen des Protoplasma nicht würden trennen laffen. Daher ift man bei allen höheren Pflanzen zunächft genöthigt, die chemifchen Unterfuchungen direct unter dem Microfkope vorzunehmen, weil durch diefes Inftrument allein die einzelnen Theile der Zelle fich auseinander halten laffen. Allein wenn man berückfichtigt, dafs die meiften microchemifchen Prüfungen fich auf Farbenreactionen ftützen, wenn man ferner in Erwägung zieht, dafs die Farbenreactionen doch nur für eine fehr befchränkte Zahl von Subftanzen erfolgreich fich anwenden laffen, dafs mit ihrer Hülfe allein die analytifche Chemie nur geringe Erfolge würde erzielen können, fo bleibt es ein wefentliches Bedürfnifs, die Beftandtheile der Pflanzen auch nach anderen Methoden als durch microchemifche Färbungen zu unterfuchen.

Nun find zwar Pflanzenanalyfen in aufserordentlich grofser Zahl bereits zur Ausführung gelangt und wir verdanken denfelben die mannichfachften Kenntniffe über die Zufammenfetzung des Pflanzenkörpers, allein fehr wenige derfelben find geeignet, uns directen Auf-

fchlufs über den für den Phyfiologen intereffanteften und wichtigften Beftandtheil der Pflanzenzelle, über das Protoplasma, zu gewähren. Die überwiegende Mehrzahl diefer Analyfen verfolgte auch ganz andere Ziele, als die Erweiterung des pflanzenphyfiologifchen Wiffens; in der Regel galten diefelben practifchen Zwecken der Pharmacologie, der Induftrie und der Landwirthfchaft, und felbft wenn ein Pflanzentheil im Intereffe theoretifch-chemifcher Forfchung der Analyfe unterworfen ward, handelte es fich meiftens um die Darftellung eines oder des anderen felteneren Stoffes, deffen ifolirter Nachweis dem phyfiologifchen Intereffe zunächft kaum dienftbar gemacht werden konnte.

Hiermit foll keineswegs gefagt fein, dafs man aus den bis jetzt vorliegenden Pflanzenanalyfen fich nicht eine mehr oder weniger angenähert zutreffende Vorftellung über die chemifche Befchaffenheit der einzelnen Hauptbeftandtheile der Pflanzenzelle zu bilden vermocht hätte, allein diefe Vorftellungen find bis jetzt in eben dem Maafse unficher und ungenau geblieben, wie fie bei der Verarbeitung ganzer Zellen und Gewebecomplexe mit Nothwendigkeit bleiben mufsten. Dies gilt insbefondere vom Protoplasma, über welches auch heute noch in vielen Büchern und Abhandlungen, namentlich der zoologifchen Literatur, die einfache Ausfage zu lefen ift, dafs es »aus Eiweifs« beftehe, ja nackte Zellen find fogar als Eiweifsklümpchen bezeichnet worden. Selbft in einer neuerdings erfchienenen Unterfuchung*) kommt NÄGELI zu dem Ergebniffe, dafs das Plasma der Bierhefen zelle faft gänzlich aus Albuminaten beftehe; in der Gefammttrockenfubftanz der Hefe follen 36 pCt. durch gewöhnliches Albumin gebildet werden.

Um daher ein wirklich zutreffendes Bild von der chemifchen Zufammenfetzung des Protoplasma, diefer wichtigften Bildung an der Erdoberfläche, welche immer mehr als der eigentliche Träger aller Lebensfunctionen angefehen wird, zu gewinnen, ift es zunächft noth-

*) NÄGELI, über die chemifche Zufammenfetzung der Hefe (Sitzungsber. der k. b. Acad. d. Wiffenfch. in München v. 4. Mai 1878. S. 268).

wendig, isolirtes Protoplasma, welches nicht in Zellwände eingekapselt ist, auch keinen gröſseren, von wäſseriger Lösung erfüllten Saftraum einschlieſst, dem Studium zu unterwerfen. Derartiges Protoplasma wird in ausreichender Quantität nur von den jungen, eben aus den Plasmodien geformten Fruchtkörpern der Schleimpilze geliefert. Die erste methodische Untersuchung des Protoplasma hatte daher beim Protoplasma von *Aethalium septicum* einzusetzen, von welchem sich leicht das für die chemische Analyse erforderliche minimale Quantum, d. h. einige Kilogramme, beschaffen läſst.

Wenn eine *vollständige* Analyse des Protoplasma eines Schleimpilzes gelungen ist, so wird dieselbe auch als Ausgangspunct für die Untersuchung des in Zellwände eingeschlossenen Protoplasma dienen können. Man würde dann, ganze Schimmel- und Hefepilzmassen oder die aus zahlreichen Zellen zusammengesetzten Organe höherer Gewächse der Analyse unterwerfend, in der Kenntniſs des Myxomyceten-Plasma einen Prüfstein besitzen dafür, ob man eine gefundene Verbindung der Zellwand oder dem Protoplasma zurechnen dürfe. Stets aber wird bei kleinzelligen Geweben der Filtrationswiderstand der Zellwände gegen colloidale Lösungen, insbesondere aber auch die Verschiedenheit der Zusammensetzung des Protoplasma in den verschiedenen Gewebesystemen complicirt gebauter Pflanzen eine nicht geringe Schwierigkeit verursachen, welcher man nur theilweise durch sorgfältige Auslese homogener Gewebe und feinster Zerkleinerung derselben in getrocknetem Zustande wird begegnen können.

Die nächst den Myxomyceten für das chemische Studium des Protoplasma günstigsten Gewächse sind eine Anzahl von Algen, welche als Siphoneen bezeichnet zu werden pflegen, z. B. *Vaucheria, Caulerpa, Valonia*. Werden diese zerkleinert, so wird man aus ihnen die löslichen Substanzen des Protoplasma vollständig extrahiren können, bei *Vaucheria* und *Valonia* allerdings mit den Bestandtheilen des Saftraumes vermischt; die letztgenannte Pflanze dürfte jedoch auch für das Studium der Frage geeignet sein, wie sich in chemischer

Hinſicht der eigentliche den Saftraum erfüllende Zellſaft zum Enchylema des Protoplasma verhalte.

Die chemiſche Analyſe des Protoplasma von *Aethalium septicum*, die zunächſt angeſtrebt wurde, konnte unmöglich die bloſse Erkenntniſs der daſſelbe aufbauenden Grundſtoffe und deren relative Quantität als letztes Ziel ſich ſtecken, denn dieſe Grundſtoffe und ihre relative Menge würden ſich nicht ändern, wenn man z. B. das Protoplasma in einer Bombe der Weiſsglühhitze ausſetzen wollte, wobei doch ſicherlich zahlloſe chemiſche Umſetzungen in demſelben Platz greifen würden. Die bloſse elementare Analyſe des Protoplasma kann daher nur indirectes Intereſſe beſitzen, in ſofern ſie als Controle zur Feſtſtellung der das Protoplasma aufbauenden *Verbindungen* zu dienen vermag.

Die Ermittelung der chemiſchen Verbindungen, höherer und niederer Ordnung, iſt demnach als das Ziel der phyſiologiſch-chemiſchen Analyſe zu bezeichnen, eine Aufgabe, welche leicht geſtellt aber ſchwer gelöſt wird. Die vollſtändige Iſolirung der ein ſo complicirtes Gemenge, wie das Protoplasma, aufbauenden Verbindungen, dürfte in der That zu den ſchwierigſten Problemen der analytiſchen Chemie gehören und gerade bei *Aethalium* hat die Unterſuchung mit ſo vielen Schwierigkeiten zu kämpfen gehabt, daſs einige Male nur das Bewuſstſein der fundamentalen Bedeutung dieſer Arbeit den Muth zur Weiterführung der Unterſuchung verlieh; nur dieſes Bewuſstſein konnte veranlaſſen, die gewonnenen Bruchſtücke, welche weit entfernt ſind, ein completes Bild der chemiſchen Structur des Protoplasma zu liefern, der Oeffentlichkeit zu übergeben, in der Hoffnung, daſs es gelingen werde auf dieſer Grundlage weiter zu bauen und nach und nach den gewonnenen Torſo zu vervollſtändigen.

Die Schwierigkeiten, mit welchen die Analyſe des Protoplasma zu kämpfen hat, ſind mancherlei Art. Einmal ſind viele Verbindungen deſſelben in ſo geringer Menge darin enthalten, daſs man, um ihre Identität über jeden Zweifel ſicher zu ſtellen, in der Lage ſein müſste, Centner zu verarbeiten, wo man nur im Stande iſt, Kilogramme zu

fammeln. Zweitens ift es fchwierig oder bis jetzt fogar unmöglich, einen Theil der das Protoplasma ausmachenden Verbindungen kryftallifirt oder doch von Beimengungen völlig rein zu erhalten. Nicht genug, dafs ftets eine gewiffe Quantität an Subftanz bei der Verarbeitung als fyrupöfe und fchmierige Maffe zurückbleibt, verhindern diefe Subftanzen auch noch das Auskryftallifiren anderer Verbindungen, welche im reinen Zuftande fehr leicht zur Kryftallifation gebracht werden können. Dabei vermöchte man keineswegs zu behaupten, dafs diefe nicht characterifirbaren Verbindungen phyfiologifch geringere Wichtigkeit befäfsen, als die Uebrigen. Und doch werden wir an die Löfung des wichtigften Problems der Phyfiologie, die vollftändige Erkenntnifs des Stoffwechfels des Protoplasma, nicht eher denken dürfen, als bis wir die conftant an feinem Aufbau fich betheiligenden und durch daffelbe gebildeten Verbindungen ermittelt haben.

Es ift aber das Schickfal des menfchlichen Wiffens, nicht etwa *ein* Gebiet bis ans Ende zu durchdringen, feinen Inhalt vollftändig auszufchöpfen um dann zu einem anderen, bis dahin unerforfchten Gebiete überzugehen, fondern wir fuchen uns zunächft mehr im Allgemeinen zu orientiren, taften hierhin und dorthin, bilden uns mehr oder weniger zutreffende Vorftellungen über das, was uns umgiebt, und erft allmälig klären fich unfere Anfchauungen. Aehnlich wird es auch mit der Kenntnifs des Protoplasma gehen. Es gelingt nicht, zunächft dasjenige von *Aethalium* vollftändig in feine chemifchen Conftituenten aufzulöfen, um dann zu einer anderen Pflanze überzugehen, fondern man wird die leichter zu entziffernden Verbindungen erft an zahlreichen Pflanzen auffinden, um fpäter mit zunehmender Verfeinerung der Methoden auch die analytifch fchwierigeren Aufgaben zu löfen. Auch wird diefes Verfahren um fo berechtigter erfcheinen, als nicht blos die Kenntnifs von der Zufammenfetzung des Protoplasma einer einzigen Pflanze, z. B. des *Aethalium septicum*, fondern die Kenntnifs des vegetabilifchen Protoplasma im Allgemeinen als Ziel der Forfchung uns vorfchwebt. Dafs aber diefe Zufammenfetzung keine

durchaus identifche ift, dafs im Protoplasma verfchiedener Pflanzen fehr verfchiedene Verbindungen enthalten fein können, dafür fprechen die bereits bekannten Pflanzenanalyfen. Das vergleichende analytifch-chemifche Studium des vegetabilifchen Protoplasma wird daher in erfter Linie fein Augenmerk auf diejenigen Verbindungen zu richten haben, welche conftant in jeder Pflanzenzelle wiederkehren, und diefe Verbindungen bilden *die erfte Gruppe der nothwendigen Beftandtheile des Protoplasma.* Eine zweite Gruppe nothwendiger Beftandtheile des Protoplasma wird offenbar durch folche Verbindungen hergeftellt, welche, bei verfchiedenen Pflanzen zwar verfchieden, dennoch einen gemeinfamen Gruppencharacter zeigen, und daher für die einzelnen Pflanzen eine vicarirende, d. h. fich gegenfeitig vertretende, Bedeutung befitzen, es *mufs* aber in einem jeden Protoplasma wenigftens *ein* Repräfentant aus einer Gruppe derartiger Subftanzen vorhanden fein. Ein Beifpiel wird dies Verhältnifs vielleicht noch deutlicher machen. Wir können annehmen, dafs zu den nothwendigen Beftandtheilen des Protoplasma ein zuckerartiges Kohlenhydrat gehört; die Form diefes Kohlenhydrats kann bei verfchiedenen Arten aber wechfeln als Dextrofe, Levulofe, Rohrzucker, Mycofe. Auch können chemifch einander ferner ftehende Verbindungen gewifs öfters eine folche phyfiologifche Gruppe bilden.

Als eine dritte Gruppe der Beftandtheile des Protoplasma laffen fich diejenigen variablen Verbindungen zufammenfaffen, welche bei jeder Species andere fein können, und welche wahrfcheinlich das Product der jedesmaligen Combination der *nothwendigen* oder *conftanten* Beftandtheile find, denen wir fie als *acceſſoriſche* gegenüberftellen wollen; dabei mag dahingeftellt bleiben, ob diefelben im Laufe des Stoffwechfels wieder zu conftituirenden Beftandtheilen ergänzt, beziehungsweife umgewandelt werden können, oder ob fie, darin den eigentlichen Excreten gleich, nach ihrer Bildung keine weitere Verwendung in den chemifchen Bewegungsproceffen des Protoplasma finden.

Um das Obige nochmals kurz zufammenzufaffen, fo haben wir

unter den zahlreichen, das Protoplasma ausmachenden Verbindungen zu unterſcheiden: erſtens conſtante, zweitens variable conſtituirende, drittens acceſſoriſche.

Während der erſte Theil der Aufgabe, *die Ermittlung der Verbindungen im Protoplasma* der analytiſchen Chemie zufällt, iſt der zweite Theil der Aufgabe, *die Claſſificirung der gefundenen Verbindungen in jene drei Gruppen* ein Problem der vergleichenden phyſiologiſchen Chemie und der Phyſiologie.

Damit im engen Zuſammenhang ſteht die weitere Aufgabe, zu ermitteln, in welchem quantitativen Verhältniſs die Verbindungen nach den einzelnen Lebensphaſen wechſeln, beziehungsweiſe, ob einzelne derſelben vorübergehend ganz unterdrückt werden können, um ſich ſpäter von Neuem zu bilden. Denn nicht blos an ein einzelnes Entwicklungsſtadium darf die Unterſuchung des Protoplasma anknüpfen, ſondern dieſelbe muſs den ganzen Lebenscyclus mit allen Vorgängen des Stoffwechſels berückſichtigen, um die chemiſche Seite der Natur des Protoplasma aufzuklären. Damit ſteigern ſich allerdings die Schwierigkeiten, welche der Löſung dieſer Aufgabe entgegenſtehen.

Weiterhin wird die Forſchung auch jener Frage ſich zuwenden müſſen, ob und in wiefern zwiſchen der chemiſchen Conſtitution des Protoplasma und ſeinen biologiſchen Functionen ſich ein Zuſammenhang erkennen laſſe. Eine ſolche Unterſuchung wird zunächſt ermitteln müſſen, ob gleichen Functionen gleiche oder doch vicarirende Stoffe entſprechen, ob Function und Subſtanz ſtets nothwendig mit einander verknüpft erſcheinen, ob ſomit beſtimmte chemiſche Verbindungen als die Träger beſtimmter Lebensäuſserungen im Protoplasma auftreten.

Dieſe letztere Erwägung geſtattet und erfordert einen Ausblick über die Grenzen des Pflanzenreichs hinaus. Die fundamentalen Lebenserſcheinungen ſind im Pflanzenreiche wie im Thierreiche wohl weſentlich die Gleichen, und längſt hat man ſich daran gewöhnt, auch im Thierreich das Protoplasma der Zellen als den eigentlichen Träger dieſer Lebenserſcheinungen anzuſehen; indem man die biologiſchen

Functionen eintheilt in animale und vegetative, ſchreibt man einerſeits dem Thiere vegetative Functionen zu bei den Vorgängen der Ernährung und Fortpflanzung, andererſeits ſind wir bei dem gegenwärtigen Stande unſerer Kenntniſſe berechtigt auch für die Pflanze, und zwar für das Protoplasma ihrer Zellen, animale Functionen in Anſpruch zu nehmen, indem daſſelbe Irritabilität und damit verbundene Contractilität, Empfindungs- und Bewegungsvermögen deutlich erkennen läſst. Da nun die morphologiſchen Eigenſchaften des thieriſchen und pflanzlichen Protoplasma im Weſentlichen die Gleichen ſind, ſo erſcheint es naheliegend, daſs das Protoplasma im Thierreiche wie im Pflanzenreiche theils aus den gleichen, theils aus chemiſch oder phyſiologiſch einander nahe ſtehenden, vicarirenden Verbindungen beſtehe. In erſter Linie wird man dieſe Uebereinſtimmung in der Zuſammenſetzung im Protoplasma der niedrigſten Formen des Thierreiches zu finden erwarten, bei welchen eine ſolche Differenzirung der Organe, wie der Körper der höheren Thiere ſie aufweiſt, noch nicht beobachten wird. Hier verſieht das Protoplasma direct die Ernährung und den Stoffwechſel, es empfindet Reize und reagirt auf ſie durch Contractionen, es vermittelt endlich die Bewegung des Thieres. Bei den höheren Thieren dagegen differenciren ſich die Functionen mit den Organen, das Nervenſyſtem dient der Empfindung, die Muskulatur beſorgt durch ihre Contractionen die Bewegung, und beſondere Organe verſehen die Aufnahme und Aſſimilation der Nährſtoffe.

Wenn wir nun beobachten, daſs im thieriſchen Körper die einzelnen Organe nnd Gewebe, ihren differenten Functionen entſprechend, eine verſchiedene chemiſche Zuſammenſetzung erkennen laſſen, ſo werden wir wieder zu der Vermuthung geführt, daſs im Protoplasma, welches die gleichen Functionen, wenn auch unvollkommen, ausübt, die gleichen oder analoge Subſtanzen durcheinander gemengt vorkommen werden, welche im Körper der höheren Thiere auf die einzelnen Organe, wie Muskeln, Gehirn, Drüſen u. ſ. w. ſich vertheilen. Hierbei iſt zu berückſichtigen, daſs entwicklungsgeſchichtlich die Muskulatur, das Nervenſyſtem und die Verdauungsorgane des höheren

Thierkörpers dem Protoplasma entſtammen, ſich aus demſelben hervorgebildet haben. Wenn eine Function ſtets an ein Organ von conſtanter chemiſcher Zuſammenſetzung gebunden ſein ſollte, ſo müſsten wir deſſen Subſtanz als für die Function nothendig annehmen; finden wir nun im Protoplasma der Pflanzen Aeuſserungen der verſchiedenen Functionen des Thieres wieder, ſo wird es dadurch nahe gelegt, nachzuforſchen, ob daſſelbe die gleichen oder phyſiologiſch entſprechende Verbindungen enthält, wie ſie in den Geweben des thieriſchen Körpers vorkommen. Darin würde ein weiteres wichtiges Moment für die einheitliche Auffaſſung der phyſiologiſchen Vorgänge im Thier- und Pflanzenreiche ſich ergeben.

In der That ſind die bereits vorliegenden Analyſen thieriſcher und pflanzlicher Gewebe hinreichend um zu zeigen, daſs zahlreiche der im Thierkörper nachgewieſenen Verbindungen in den Pflanzenzellen ſich wiederfinden. Im Folgenden theilen wir beiſpielsweiſe eine Aufzählung der hauptſächlichſten, im thieriſchen Muskelgewebe nachgewieſenen Verbindungen mit, von denen nur die geſperrt gedruckten im Pflanzenreiche bis jetzt nicht gefunden ſind: Pepſin; Diaſtaſe; Myoſin; *Kreatin; Harnſäure;* Xanthin; Sarkin; *Taurin; Harnſtoff; Inoſinſäure;* Zucker; Inoſit; Dextrin; Glycogen; Milchſäure; Ameiſenſäure; Eſſigſäure; Butterſäure. Im Gehirn finden ſich ferner auſser Fetten und Eiweiſskörpern noch die ebenfalls im Pflanzenreich verbreiteten Subſtanzen Choleſterin und Lecithin.

Dieſe verſchiedenen Verbindungen, welche zuerſt die Thierchemie uns kennen gelehrt hat, ſind nach und nach, meiſtens durch vereinzelte Unterſuchungen, in verſchiedenen Pflanzen nachgewieſen worden. Ein beſonderes Intereſſe erregte die Entdeckung der Sarkingruppe (Sarkin, Xanthin, Guanin und Carnin) durch SCHÜTZENBERGER*) in erweichter Hefe, d. h. in ſolcher Hefe, die, von Flüſſigkeit befreit, einer allmäligen Selbſtzerſetzung anheim fällt. Später haben NÄGELI**) und LOEW die Verbindungen der Sarkingruppe in Hefe gefunden, welche

*) Die Gährungserſcheinungen. Leipzig 1876. S. 110.
**) l. c. S. 283.

dreizehn Monate lang in einer Flafche mit fehr verdünnter Phosphorfäure aufbewahrt worden und während diefer Zeit langfam abgeftorben war.

Mehr und mehr ftellt fich alfo die Zufammenfetzung des Thier- und Pflanzenkörpers als eine in den einzelnen Verbindungen weitgehend übereinftimmende heraus; find diefe Verbindungen auch nicht alle und nicht immer identifch, fo zeigen fie doch in den meiften Fällen wenigftens phyfiologifche Analogien, aus denen fich auf eine vicarirende Bedeutung fchliefsen läfst. Von den Pflanzenftoffen gilt dies freilich weniger, wie von den Stoffen des Thierkörpers; von den Pflanzen werden zahlreiche Subftanzen in faft unbegrenzter Mannigfaltigkeit hervorgebracht, welche im Thierreiche nicht gefunden werden. Vielleicht wird fich einmal diefe grofse Zahl chemifcher Individuen, wie fie in den ätherifchen Oelen, Harzen, Glucofiden, Alkaloiden u. f. w. des Pflanzenreiches fich zeigen, in einige wenige, nach phyfiologifchen Gefichtspunkten umgrenzte Gruppen einordnen laffen, von welchen eine Gruppe einer animalen Verbindung entfpricht. Die Zahl der Verbindungen fcheint wenigftens im Bereich der höheren Thiere eine weit geringere zu fein, als z. B. innerhalb der Blüthenpflanzen, und der Character der Verbindungen des Thierkörpers ift entfchieden eine conftantere als hier. Die Thierchemie wird daher häufig der Pflanzenchemie als Führerin dienen können, man wird zunächft darnach fuchen müffen, ob die conftant im Thierkörper vorkommenden Subftanzen nicht im vegetabilifchen Protoplasma wiederkehren, und die oben berührten Beifpiele find hinreichend, um den Erfolg folcher Bemühungen zu zeigen. Freilich fcheint es fich fchon jetzt herauszuftellen, dafs auch ganze Reihen von characteriftifchen Subftanzen des Thierkörpers im Pflanzenreiche vermifst werden, z. B. die meiften Gallenftoffe; doch ift es in jüngfter Zeit BENEKE gelungen, im Protoplasma der Erbfe eine der thierifchen Cholalfäure fehr ähnliche Säure aufzufinden, welche derfelbe Phytocholfäure genannt hat*). Es wird noch vieler Unterfuchungen bedürfen, ehe man

*) Vergl. Botan. Jahresber. für 1878. S. 255.

mit Beſtimmtheit ſagen kann, welche Stoffe im Thierreiche und welche im Pflanzenreiche allein vorkommen, ehe man die chemiſche Grenze der beiden groſsen Gebiete der Organiſation zu ziehen vermag, viel leicht wird das Ergebniſs auch darin beſtehen, daſs eine ſolche Grenze überhaupt nicht exiſtirt, und manche Anzeichen ſprechen bereits jetzt für dieſen letzteren Ausgang der Unterſuchung.

* * *

Die im Vorſtehenden dargelgten Geſichtspunkte haben dahin geführt, zunächſt eine möglichſt genaue und vollſtändige chemiſche Analyſe des Protoplasma einiger Pflanzen in Angriff zu nehmen. Selbſtverſtändlich muſste der Anfang mit der Unterſuchung der nackten Protoplasmamaſſen des *Aethalium septicum* gemacht werden, worüber in der vorausgegangenen Abhandlung Bericht erſtattet iſt. Dem Phyſiologen, deſſen Aufgabe es iſt, den Bewegungserſcheinungen im Pflanzenkörper nachzugehen, vermag die rein chemiſche Zergliederung des Protoplasma in einem, willkürlich aus ſeinem Entwickelungslaufe herausgegriffenen Moment nur eine unvollkommene Befriedigung zu gewähren, weil ja die ſtoffliche Zuſammenſetzung einer Pflanzenzelle oder eines Plasmodiums keine conſtante iſt, ſondern in jedem Augenblick ſich ändert. Der Phyſiologe wünſcht aber gerade dieſe Vorgänge des Stoffwechſels zu entziffern, weil in ihnen das Spiel der Kräfte ſich offenbart, welche die Maſſen der Atome in Bewegung halten. Die Erkenntniſs des Stoffwechſels des Protoplasma iſt das zweite und letzte, zugleich aber auch das ſchwierigſte Problem der phyſiologiſchen Chemie. Die Löſung deſſelben liegt in noch weiterer Ferne, als die Vollendung der rein chemiſchen Analyſe; die letztere bildet aber für das Studium des Stoffwechſels die unerläſsliche Grundlage.

Auch über den Stoffwechſel der Pflanzen beſitzen wir ſchon eine Reihe werthvoller Kenntniſſe, die jedoch immer erſt als Bruchſtücke angeſehen werden dürfen, welche eben hinreichen, um uns eine im Allgemeinen zutreffende Vorſtellung von der Stoffbewegung zu geben.

Insbefondere ift der fundamentale Unterfchied im Gefammtftoffwechfel der grünen und der nichtgrünen Gewächfe klar erkannt, es ift ferner unzweifelhaft, dafs der Stoffwechfel der letzteren mit demjenigen des Thierkörpers nahe übereinkommt, und wefentlich anders wird fich der innere Stoffwechfel der chlorophyllhaltigen Pflanze wohl auch nicht verhalten, wobei natürlich von der Affimilation der Kohlenfäure zu verbrennlicher kohlenftoffhaltiger Subftanz abzufehen ift. Wir werden auf diefe Beziehungen fogleich ausführlich zurückkommen.

Bei den meiften analytifch chemifchen Unterfuchungen wird es möglich fein, auch einige Beobachtungen über Vorgänge des Stoffwechfels anzuftellen. Sofern dies bei der chemifchen Unterfuchung von *Aethalium* gelungen ift, wird es bereits jetzt bei Befprechung der einzelnen Verbindungen Erwähnung finden, wenn auch ein eingehendes Studium der Stoffwechfelerfcheinungen diefes Myxomyceten erft in Vorbereitung begriffen ift.

III. Die fundamentalen Functionen des Chemismus im Protoplasma.

Die wichtigeren chemifchen Proceffe des Pflanzenlebens fpielen fich innerhalb des Protoplasma ab. Sie find im Allgemeinen dadurch characterifirt, dafs gewiffe, aufserhalb der lebenden Zelle gegebene Subftanzen in das Innere der Zelle eintreten, im Innern derfelben eine Reihe von Umwandlungen erfahren, um endlich in einer Verbindungsform, welche derjenigen ähnlich oder gleich ift, die urfprünglich von der Zelle aufgenommen ward, wieder ausgefchieden zu werden, oder um in eine, mit der Zelle in Zufammenhang verbleibende, unveränderliche Verbindungsform überzugehen, wir könnten fagen, fich zu folidificiren; ein Beifpiel für diefe letztere Art von chemifchen Componenten der Zelle bilden z. B. die Subftanzen der Zellwand. Es ift aber unzweifelhaft, dafs keineswegs alle chemifchen

Vorgänge in der Pflanze im Protoplasma ablaufen, wenn auch vielleicht das Protoplasma bei allen betheiligt ift; fo wiffen wir z. B., dafs die Cellulofe im Innern der Zellwände fich theilweife in Holzftoft und Korkftoff umzuwandeln vermag, fo wiffen wir ferner, dafs im Saftraum der Zelle Farbftoffe vorkommen können, welche dem Innern des Protoplasma fehlen, und häufig reagirt der Zellfaft fauer, während man aus dem Vorhandenfein von unverändertem Chlorophyll im Protoplasma auf eine wahrfcheinlich neutrale Reaction des Protoplasma fchliefsen darf. Immerhin find die aufserhalb des Protoplasma vor fich gehenden chemifchen Bildungen und Umbildungen wohl von untergeordneter Bedeutung für das Leben der Zelle, wir wollen fie hier unberückfichtigt laffen und unfere Aufmerkfamkeit auf den Chemismus des Protoplasma befchränken. Wir können dabei die Betrachtungen an das Plasmodium von *Aethalium septicum* anknüpfen, da diefes einen Protoplasmakörper ohne inneren Saftraum, ohne ftabile oder permanente Vacuolen mit gefonderter Zellfaftflüffigkeit darftellt; denn die kleinen Vacuolen, welche man hier und da in den Plasmodien der Schleimpilze beobachtet, find tranfitorifcher Natur, fie verfchwinden oft gänzlich, wobei ihr Inhalt mit dem nicht unterfcheidbaren Enchylema fich mengt, und fie können plötzlich neu entftehen, wodurch fie hinreichend als in der Gerüftfubftanz des Protoplasma gebildete Tafchen fich kennzeichnen, welche mit Enchylema angefüllt werden.

Die unter dem Bilde einer fteigenden und fallenden Curve darftellbare Stoffbewegung, welche mit dem Eintritt der Nährftoffe in das Protoplasma beginnt und mit gewiffen Ausfcheidungen oder Solidificirungen endigt, nenne ich den *Gefammt-Stoffwechfel* des Protoplasma. Sehen wir von den Ausfcheidungen der Endprodukte ab, fo können wir von der eigentlichen *Ernährung*, welche eine Beziehung des Protoplasma nach Aufsen, eine Wirkung zwifchen feinen Beftandtheilen und gewiffen aufserhalb deffelben vorhandenen Stoffen darftellt, einen *inneren Stoffwechfel* unterfcheiden, welcher ausfchliefslich innere Beziehungen der Subftanz des Protoplasma bezeichnet.

Die Ernährung gliedert fich in zwei Proceffe, in die *Aufnahme*

und die *Affimilation* der Nährftoffe. Unter Affimilation verftehe ich ganz allgemein die von lebendem Protoplasma vollzogene Umwandlung der von aufsen aufgenommenen Nährftoffe in die einzelnen fpecififchen Verbindungen des Protoplasma. Sind die Nährftoffe mit den letzteren bereits identifch, wie z. B. bei der Ernährung eines Schimmelpilzes durch Peptone, fo fallen Aufnahme und Affimilation zufammen. Ift dies jedoch nicht der Fall, wie z. B. bei der Kohlenftoff-Affimilation durch chlorophyllhaltiges Protoplasma oder bei der Gewinnung des zur Bildung von Eiweifsftoffen nöthigen Schwefels aus einem Sulfat, fo beruht die Affimilation auf eigenthümlichen chemifchen Proceffen, die zu den wichtigften und intereffanteften chemifchen Functionen des Protoplasma gehören.

Der *innere Stoffwechfel*, worunter wir die weiteren Umwandlungen der affimilirten Subftanzen im Protoplasma verftehen, gliedert fich feinerfeits ebenfalls in zwei Reihen von Proceffen, die fich unter dem Bilde eines auffteigenden und abfteigenden Schenkels einer Curve vorftellen laffen. Wir können diefe beiden Reihen von Erfcheinungen als *progreffive* und als *regreffive* Stoffmetamorphofe unterfcheiden.

Durch die Vorgänge der progreffiven Metamorphofe werden die vom Protoplasma gewonnenen oder gebildeten (erften) Affimilationsproducte in diejenigen Stoffverbindungen übergeführt, welche als die eigentlich conftituirenden Beftandtheile des lebensthätigen Protoplasma gelten müffen, wohin wir z. B. das Plaftin und die Eiweifsftoffe, das Lecithin, Chlorophyll und andere rechnen wollen. Auch wenn es fich darum handelt, die im Ueberfchufs vorhandenen Affimilationsproducte in befonderen Verbindungsformen oder Stofforganifationen vorübergehend zu fpeichern, (z. B. Inulin, Stärkekörner, Proteinkörner), fo kann die Bildung und Wiederauflöfung diefer Subftanzen in vielen, wenn nicht in den meiften Fällen der progreffiven Metamorphofe zugezählt werden; bei einer graphifchen Darftellung würde der hierauf bezügliche Abfchnitt der Curve horizontal verlaufen. Der Strom des Stoffwechfels ift nicht als in einer einzigen Bahn fliefsend vorzuftellen,

ſondern er bildet Hauptreihen und Nebenreihen, ſich auf mancherlei Weiſe verzweigend.

In der regreſſiven Stoffmetamorphoſe dagegen werden die eigentlich conſtituirenden Beſtandtheile des Protoplasma, ſowie überhaupt die Producte der progreſſiven Metamorphoſe wieder zerſtört und zerſetzt, in immer einfachere Verbindungen geſpalten und ſchlieſslich theilweiſe, z. B. als CO_2, von der Zelle ausgeſchieden. Die progreſſive Metamorphoſe iſt alſo conſtructiv und organiſirend, die regreſſive Metamorphoſe deſtructiv und desorganiſirend. Die progreſſive Metamorphoſe iſt ſynthetiſch, ſie bildet aus Subſtanzen von geringerem Moleculargewicht und geringerer Verbrennungswärme ſolche von höherem Moleculargewicht und gröſserer Verbrennungswärme; die regreſſive Metamorphoſe iſt analytiſch, ſie ſpaltet die hoch zuſammengeſetzten Moleciüle in ſolche von geringerem Moleculargewicht, und die Summe der Verbrennungswärmen der Spaltungsproducte iſt geringer als die Verbrennungswärme des geſpaltenen Moleciüls.

Nun ſind aber die Beziehungen der progreſſiven und regreſſiven Metamorphoſe nicht ſo einfache, daſs z. B. ein in den Strom der regreſſiven Metamorphoſe geriſſenes Molecül immer weiter geſpalten werden müſſe bis zu den Endproducten, ſondern es ſcheint, daſs die meiſten Verbindungen, die als Erzeugniſſe der regreſſiven Metamorphoſe im Protoplasma anzuſehen ſind, wieder in den progreſſiven Strom einzutreten vermögen und ſomit eine Ergänzung zu conſtituirenden Subſtanzen erfahren können. Für dieſe Thatſache ſprechen zahlreiche Beobachtungen, insbeſondere aber die ausgedehnten Unterſuchungen NÄGELI's*), aus welchen hervorgeht, daſs Schimmelpilze, denen nur Producte der regreſſiven Metamorphoſe der Pflanze als Nährſtoffe dargeboten werden, im Stande ſind, aus faſt allen dieſen Subſtanzen ihr lebensthätiges Protoplasma zu vermehren. Aus dieſem Grunde iſt es oft ſchwierig, zu entſcheiden, ob eine im Protoplasma angetroffene Subſtanz der progreſſiven oder regreſſiven Reihe angehört.

*) Ernährung der niederen Pilze durch Kohlenſtoff- und Stickſtoffverbindungen. Sitzungsber. d. k. b. Acad. d. Wiſſenſch. in München vom 5. Juli 1879.

Denn wenn wir auch die im Protoplasma angetroffenen Verbindungen eintheilen können in solche, welche als unentbehrliche Constituenten der Organisation desselben eingefügt sind, in solche, welche der Organisation harren, und in solche, welche der Zertrümmerung der Organisation entspringen, so sind doch die beiden letzten Kategorien schwer auseinander zu halten. Ebenso schwierig ist es natürlich auch, zu entscheiden, ob als Endproducte der progressiven Reihe nur die Eiweisstoffe anzusehen sind, oder auch das Lecithin, Olein und andere. Die Frage ist mit einem Worte diese, ob Substanzen, welche die ganze Curve des inneren Stoffwechsels durchlaufen, ein Eiweismolecül passiren müssen, oder ob dies nicht in allen Fällen nothwendig ist; mir erscheint die letztere Eventualität als die wahrscheinlichere.

Wenn es somit auch gelungen sein dürfte, im Einklange mit dem Verfahren der Thierphysiologie eine Classification der Bestandtheile des Protoplasma aus ernährungs-physiologischen Gesichtspunkten zu gewinnen, so bedarf doch die Feststellung der Vorgänge im Einzelnen eingehender und umfassender Untersuchungen. Schon die Frage, welche Bestandtheile des Protoplasma denn eigentlich als *constituirende* anzusehen sind, ist selbst unter der Voraussetzung, dass eine vollständige chemische Analyse des Protoplasma gelungen wäre, vor der Hand nur nach Muthmassung zu beantworten. Wir können unseren Begriff der »constituirenden Bestandtheile« wohl definiren als Substanzen, ohne welche der Bestand eines lebensthätigen Protoplasma nicht gedacht werden kann, die, sofern sie sich im Stoffwechsel verändern, doch nie ganz verschwinden dürfen, welche in der regressiven Metamorphose Atomgruppen abspalten, die durch die progressive Metamorphose wieder eingefügt werden, oder die sich nach ihrer Bildung gar nicht mehr am Stoffwechsel betheiligen — ob aber z. B. das Cholesterin zu diesen Substanzen gehört, ist eine vor der Hand nicht mit Sicherheit zu entscheidende Frage. Auch die chemischen Bedingungen der Einzelvorgänge in der progressiven Reihe sind noch so gut wie völlig unbekannt. Im Allgemeinen dürfen wir annehmen, dass ein Verbrauch an Substanz, (z. B. bei Solidificirungen, in der regressiven

Methamorphofe) zugleich die Urfache der Wiedergewinnung, des Neuerwerbs von Subftanz wird. Ebenfo bietet der Speciescharacter einer Zelle Veranlaffung, bis zu einem gewiffen Zeitpuncte organifche Subftanz zu affimiliren und anzuhäufen; die Plasmodien von *Aethalium* vegitiren fo lange in der Lohe, bis fie ein gewiffes Quantum an Stoff affimilirt haben, dann hören fie auf, durch Anlagerung (oder durch Intusfusception) neuer Subftanztheile zu wachfen und vereinigen fich zu den Fruchtkörpern.

Wir werden ftets danach trachten, die Vorgänge der Affimilation und progreffiven Metamorphofe in chemifcher Hinficht unter möglichft allgemeine Gefichtspuncte zu faffen. So ift es z. B. eine der wichtigften, hierher gehörigen Eigenfchaften des Protoplasma, gewiffe Grundftoffe aus ihren hoch oxydirten, fehr feft gefügten Verbindungen zu reduciren; es müffen im Protoplasma Factoren von mächtigem Reductionsvermögen vorhanden fein, wenn der Schwefel aus der Schwefelfäure, der Stickftoff aus der Salpeterfäure und in chlorphyllhaltigen Zellen der Kohlenftoff aus der Kohlenfäure, im letzteren Falle allerdings unter Mitwirkung des Lichtes als Kraftquelle — reducirt werden können. Insbefondere werden wir beim Studium der Vorgänge des conftruirenden Stoffwechfels unfer Augenmerk darauf zu richten haben, ob diefe Proceffe ganz allgemein auf Wafferentziehung beruhen, da nach Annahme vieler Thierphyfiologen den Synthefen im Thierkörper ftets das Princip der Dehydratation zu Grunde liegt.

Die Vorgänge der regreffiven Metamorphofe find für das Protoplasma und die Pflanze von eben fo grofser Wichtigkeit, als diejenigen der progreffiven Metamorphofe; auf ihre fpecielle Bedeutung kommen wir im nächften Abfchnitte ausführlich zurück. Auch hier bedürfen die Vorgänge noch des genaueften Studiums im Einzelnen, bevor fich die ganze Reihe der Erfcheinungen zufammenfaffend behandeln läfst. Es mag nur noch an einige Hauptpuncte erinnert fein. Die beiden wichtigften Vorgänge im deftructiven Stoffwechfel find unzweifelhaft die Eiweifszerfetzung und die Athmung, und wahrfcheinlich ftehen beide im innigften Zufammenhang mit einander. Während

im thierifchen Organismus die überaus wichtige Rolle der Eiweifszerfetzung fchon lange erkannt war, verdanken wir die darauf bezüglichen Unterfuchungen an der Pflanze fo gut wie ausfchliefslich ERNST SCHULZE*).

Der Grundgedanke SCHULZE'S ift diefer, dafs in den Lebensproceffen der Pflanze fortwährend Eiweifszerfetzungen vor fich gehen, wobei die entftehenden ftickftofffreien Zerfetzungsproducte verathmet werden, während die ftickftoffhaltigen in Form von Säureamiden und Amidofäuren (Asparagin, Glutamin, Leucin, Tyrofin u. f. w.) entweder fich anhäufen, oder durch Hinzutritt ftickftofffreier Molecülgruppen wieder zu Eiweifs regenerirt werden. Es vermag aber die Asparaginbildung bereits in der Wurzel von Keimlingen zu beginnen, wenn ficher noch ein Ueberfchufs an N freien Subftanzen vorhanden ift. SCHULZE fcheint zu der Anficht zu neigen, dafs es fich im Stoffwechfel der Pflanze überhaupt nur um den Zerfall und die Regeneration von Eiweifsftoffen handele. Bei diefer Rückbildung zu Eiweifsftoffen können nun die verfchiedenen Amide mit ungleicher Schnelligkeit verbraucht werden; dabei werden die für eine gewiffe Pflanzenfpecies zur Eiweifsregeneration unbequemeren Stoffe fich anhäufen müffen, während die rafch zu Eiweifs regenerirbaren Stickftoffverbindungen ftets nur in minimalen Mengen fich werden nachweifen laffen. Daher darf man aus der geringen Quantität eines durch die Analyfe gefundenen Stoffes keineswegs auf die Unwefentlichkeit deffelben im Stoffwechfel fchliefsen. Von Intereffe ift, dafs in verfchiedenen Pflanzen verfchiedene amidartige Verbindungen fich anhäufen, ebenfo ift zu beachten, dafs beim Eiweifszerfall im Thierkörper andere Verbindungen auftreten, als in der Pflanze. Immerhin fcheinen diefe verfchiedenen Subftanzen der verfchiedenen Organismen phyfiologifch einander zu vertreten; der phyfiologifchen Chemie bleibt die Entfcheidung vorbehalten, ob diefen differenten Zerfetzungsproducten eine Verfchiedenheit in der

*) Vgl. die zufammenfaffende Abhandlung diefes Forfchers: Ueber den Eiweifsumfatz im Pflanzenorganismus. Landw. Jahrb. 1880. Dafelbft find auch die früheren Auffätze des Verfaffers und feiner Mitarbeiter aufgezählt.

Zuſammenſetzung der Eiweiſsmolecüle bei Pflanzen und Thieren entſpricht. Inſofern liefern ERNST SCHULZE's Unterſuchungen einen wichtigen Beweis für die in den Erſcheinungen des Stoffwechſels ſich kundgebende weſentliche Identität des thieriſchen und pflanzlichen Zellenlebens, als durch ſie die fundamentale Bedeutung der Eiweiſszerſetzung auch für die Pflanze dargethan worden iſt. Dieſen Zuſammenhang zwiſchen den Lebensäuſserungen des thieriſchen und pflanzlichen Protoplasma zu beſtimmen, iſt gewiſs eine der wichtigſten Aufgaben der nach einheitlicher Auffaſſung des organiſchen Lebens trachtenden biologiſchen Naturforſchung.

Uebrigens geſteht auch SCHULZE zu, daſs von der Pflanze die Amide auch in der progreſſiven Stoffmetamorphoſe gebildet werden können; für die Thatſache der *abſoluten* Vermehrung der Eiweiſsſtoffe dürfte dieſe Annahme wohl eine ſehr naheliegende ſein, da für eine directe Syntheſe der Eiweiſsmolecüle bis jetzt keine Thatſachen ſprechen. Eine weitere, ſehr wichtige Beobachtung von SCHULZE iſt die*), daſs in Keimpflanzen mit der Eiweiſszerſetzung eine Zunahme der Sulfate Hand in Hand geht, ſo daſs ein Uebergang des aus den zerſetzten Eiweiſsſtoffen ſtammenden Schwefels in Schwefelſäure höchſt wahrſcheinlich wird. Nur die eine Annahme ſcheint mir unerwieſen und unwahrſcheinlich, daſs die im Protoplasma anzutreffenden Producte der regreſſiven Stoffmetamorphoſe *ſämmtlich* aus der Zerſetzung von Eiweiſsſtoffen hervorgegangen ſein, überhaupt nur je einen Urſprung haben ſollten. Um nur eines Beiſpieles zu gedenken, ſo könnte die wahrſcheinlich in allen lebenden Pflanzenzellen vorhandene Ameiſenſäure ebenſo gut durch Zerſetzung von Fetten und Kohlenhydraten als von Eiweiſsſtoffen gebildet worden ſein, und die erſteren brauchen wohl kaum ausſchlieſslich aus Eiweiſsmolecülen herzuſtammen.

An die Thatſache der Eiweiſszerſetzung knüpfen ſich eine Reihe weiterer Fragen von groſser phyſiologiſcher Bedeutung. Dahin gehört namentlich die Frage, ob wir den Eiweiſszerfall im Organismus auf

*) l. c. S. 709.

die Wirkung abfcheidbarer Fermente zurückführen müffen, welche chemifche Individuen darftellen, wie z. B. das Emulfin, oder ob wir ihn anzufehen haben als eine Wirkung des molecularen Bewegungszuftandes der Eiweifstheilchen felbft. Was zunächft die analogen, feit längerer Zeit bearbeiteten Erfcheinungen im Thierkörper anlangt, fo neigt ein Theil der Phyfiologen (repräfentirt durch HOPPE-SEYLER) zur Fermenttheorie, ein anderer Theil (repräfentirt durch PFLÜGER) betrachtet die Abfpaltung von Atomgruppen aus den Eiweifsmolecülen als einen Diffociations-Procefs. E. SCHULZE tritt für die Annahme ein, dafs in den Pflanzen die Eiweifsftoffe durch Fermente nur peptonifirt werden, während ihre weitere Zerfetzung als eine cellulare Function des Protoplasma anzufehen fei, wobei befondere Fermente nicht mitzuwirken brauchen*). Jedenfalls ift es eins der wichtigften Ziele der Chemie des Stoffwechfels, zwifchen diefen beiden Auffaffungen zu entfcheiden, beziehungsweife zu vermitteln. Man kann fich z. B. auch vorftellen, die Zerfetzung eines beftimmten Eiweifsftoffes werde durch eine fermentartige Einwirkung eines anderen Eiweifsftoffes hervorgerufen, für diefe Auffaffung fpricht der Umftand, dafs man in der lebensthätigen Pflanzenzelle ftets mehrere Eiweifsftoffe bei einander findet. Wenn wir beobachten, dafs bei einer conftanten Temperatur Eiweifsftoffe gebildet werden und wieder in ihre Componenten zerfallen, wenn dann der Zerfall der Eiweifsmolecüle nur von ihrer eigenen inneren Bewegung hervorgebracht werden foll, fo ift es fchwierig, fich davon eine Vorftellung zu machen, wie in einem blofsen Subftanzgemenge überhaupt Eiweifsftoffe gebildet werden und exiftiren können. Gewifs wäre es im Zufammenhang mit diefer Frage von Intereffe, den Einflufs der Temperatur auf die Asparaginbildung in etiolirten Keimlingen zu unterfuchen.

Eine andere überaus wichtige Frage, die in den Bereich der re-

*) Der PFLÜGER'fchen Anfchauung über den Eiweifszerfall in Pflanzen hat fich auch DETTMER angefchloffen (vgl. PRINGSHEIM'S Jahrb. f. wiff. Bot. XII. 1881, S. 237 ff.); er nennt die Eiweifszerfetzung »Diffociation der Lebenseinheiten des Protoplasma«, er läfst diefe »Lebenseinheiten« in N haltige und N freie Zerfetzungsproducte zerfallen, von denen die erfteren zu neuen Lebenseinheiten ergänzt, die letzteren verathmet werden.



greſſiven Metamorphoſe gehört und an den Zerfall der Eiweiſsſtoffe ſich unmittelbar anſchliesſt, iſt die Frage nach den Beziehungen zwiſchen Protoplasma und Sauerſtoff, die Frage nach den Bedingungen der organiſchen Oxydation. Dieſe Frage bedarf zunächſt in chemiſcher Hinſicht ausgedehnter experimenteller Unterſuchungen, welche ich nach Ausführung gewiſſer Vorarbeiten in Angriff zu nehmen gedenke. Damit ſteht im engen Zuſammenhang die andere Frage, ob vitale Oxydation ſtets eine alkaliſche Reaction des Protoplasma zur Vorausſetzung hat, wie es nach den neueren Unterſuchungen von RADZISZEWSKI*) nicht unwahrſcheinlich erſcheinen möchte; andererſeits ſah aber ENGELMANN**) *blaue* Lakmuskörnchen nach ihrer Aufnahme in das Protoplasma von *Amoeba diffluens* u. a. *roth* werden.

Neben der im gewöhnlichen Sinne chemiſch zu nennenden Unterſuchung des Protoplasma wird dann beſonders auch das Studium der microchemiſchen Structur deſſelben in's Auge zu faſſen ſein. Man hat mehrfach zur Verbreitung einer höchſt unglücklichen Vorſtellung über die feinere Structur des Protoplasma beigetragen, indem man für dieſen Terminus die deutſche Ueberſetzung »Urbrei« angewendet hat. Ein Brei kommt dadurch zu Stande, daſs man weiche und flüſſige Subſtanzen in einander rührt. Wenn man jedoch Protoplasma von *Aethalium septicum* in einem Mörſer verreibt, ſo zerſtört man in ihm das Vermögen zur Fortentwicklung gänzlich. Das Protoplasma iſt eben ein aus feinſtem Gefüge gebildeter Organismus, und wir werden die in neueſter Zeit gelungene Verbeſſerung der microſkopiſchen Objectiv-Syſteme nicht nützlicher auszuwerthen vermögen, als wenn wir durch ſie eine Erweiterung unſerer Kenntniſſe vom microſkopiſchen Bau des Protoplasma anzubahnen ſuchen. Haben wir durch chemiſche Analyſe die wichtigſten ſtofflichen Componenten des Protoplasma feſtgeſtellt, ſo werden wir Aufſchlüſſe über ihre Vertheilung im Protoplasma nur von der Hülfe des Microſkops erwarten dürfen.

Der microſkopiſchen Unterſuchung fällt ſomit die Bearbeitung

*) Annalen der Chemie, Band 203, S. 305 ff.
**) HERMANN's Handb. der Phyſiologie I. 1. S. 349.

einer Hauptaufgabe zu, einer Frage, zu deren Aufwerfung eine genauere Ueberlegung der Stoffwechsel-Phänomene Veranlaffung bietet.

In der progreffiven Metamorphofe werden Verbindungen häufig nur zufammengefügt, um in der regreffiven Metamorphofe wieder zerfetzt zu werden; dies gefchieht z. B. mit Eiweifsftoffen, Kohlehydraten und Fetten. Erfteres find meiftens Reductions-, letzteres häufig Oxydationsproceffe. Im chlorophyllhaltigen Protoplasma wird durch Reduction der Kohlenfäure eine verbrennliche Kohlenftoffverbindung gebildet und zugleich diefe Verbindung wieder durch Athmung zur Kohlenfäure oxydirt. Wenn wir uns nun vorftellen, dafs diefe beiden, einander diametral entgegengefetzten Proceffe in einem *gleichförmigen Gemenge* verfchiedener Subftanzen fich abfpielen, *fo müffen diefelben mit Nothwendigkeit räumlich oder zeitlich von einander getrennt verlaufen,* denn es ift chemifch nicht vorftellbar, dafs in einer und derfelben Molecülgruppe z. B. Zucker gleichzeitig durch Reduction gebildet und durch Oxydation zerftört werden follte*). Ein räumlich getrenntes neben einander Beftehen der beiden Proceffe würde aber eine Ungleichförmigkeit des Gemenges zur Vorausfetzung haben; wenn nun beide Proceffe andauernd neben einander verlaufen, fo mufs auch die Ungleichförmigkeit in der Mengung der chemifch in Betracht kommenden Subftanzen eine beftändige fein. *Eine derartige conftante Ungleichförmigkeit in der Vertheilung der verfchiedenen Stoffe eines folchen Gemenges, wie das Protoplasma es darftellt, ift aber nichts anderes, als eine Organifation, eine morphologifche Differenzirung der Subftanz.* Der zweiten Alternative, dafs nämlich das Protoplasma ein gleichförmiges Gemenge fei, in welchem die einander entgegengefetzten Vorgänge des Stoffwechfels ftets nur zu verfchiedenen Zeiten ftattfinden, wird durch die Erfahrung widerfprochen. Auch ift nicht einzufehen, wie das Subftanzgemenge in dem einen Zeitabfchnitt disponirt fein follte, z. B. zur Zuckerbildung, im nächften Zeitabfchnitt disponirt zur Zuckerzerftörung, und wie es zu diefem

*) Etwas ganz anderes ift z. B. der Vorgang der Bildung und Zerfetzung der Aethylfchwefelfäure zu Aether bei der Einwirkung von Schwefelfäure auf Alkohol.

periodifchen Wechfel feiner Function gelangen follte, mag man fich die Perioden von äufserft kurzer oder von längerer Dauer vorftellen. Man wird daher wohl nicht umhin können, unferer, aus den Thatfachen des Stoffwechfels gezogenen Schlufsfolgerung beizupflichten und diefelbe dahin zu formuliren, *dafs im Protoplasma befondere Organe für verfchiedene Stoffwechfel-Proceffe vorhanden fein müffen*)*.

Zu einem ähnlichen Ergebniffe ift auch FERD. COHN durch andere Betrachtungen gelangt (vgl. das Citat oben auf S. 91).

Wenn man im Laboratorium eine gröfsere Zahl von Reagentien in ein Gefäfs zufammengiefsen wollte, fo würde daraus eine Anzahl von Umfetzungen entftehen, nach kurzer Zeit jedoch würden die Atome fich wieder im Zuftande des Gleichgewichts befinden; einer oder gar mehrere neben einander regelmäfsig fortwirkende chemifche Proceffe würden fich daraus nicht ergeben. Um diefe zu unterhalten, bedarf es im Laboratorium des Aufbaues von ebenfoviel verfchiedenen Apparaten, als chemifche Proceffe unterhalten werden follen, meiftens ift zu diefer Unterhaltung noch einer befonderen Zufuhr von kinetifcher Energie in Form von Wärme nöthig. Wir werden aber auch für das Protoplasma die Annahme kaum umgehen können, dafs in feinem Innern befondere Apparate für die wichtigeren chemifchen Functionen beftehen. Vorläufig können wir nur die Thatfache im Allgemeinen als wahrfcheinlich zu deduciren fuchen, die fpecielle Ausgeftaltung diefer angenommenen Organifation ift zur Zeit noch nicht zu überfehen. Dennoch fehlt es nicht an wichtigen Anzeichen für ihr Vorhandenfein, und ein Theil der im Protoplasma der Pflanzenzellen vorhandenen Organe (Apparate) für befondere chemifche Zwecke ift uns bereits bekannt. In erfter Linie find hier die *Chlorophyllbehälter* zu nennen, ferner die bereits von HANSTEIN beobachteten und unterfchiedenen, von SCHIMPER genauer unterfuchten *Stärkebildner;* endlich wird wohl Niemand daran zweifeln, dafs auch die *Zellkerne* fpe-

---

*) Bei diefer Auffaffung befinde ich mich in vollftändiger Uebereinftimmung mit einem Theil der phyfiologifchen Chemiker. Vgl. z. B. DRECHSEL, die fundamentalen Aufgaben der phyfiologifchen Chemie. Leipzig 1881, S. 8.

cififche Organe von grofser Wichtigkeit darftellen, wenn auch ihre Function bislang nicht erkannt werden konnte; auch im Protoplasma von *Aethalium* find durch STRASBURGER*) fehr zahlreiche kleine Zellkerne conftatirt worden. Wenn nun die Annahme nahe liegt, dafs das Glycogen durch einen ähnlichen chemifchen Procefs bereitet werde, wie die Stärke, fo würde man im Protoplasma von *Aethalium* vielleicht mit Erfolg nach Glycogenbildnern fuchen können.

Es ift anzunehmen, dafs derartige Organe ftets aus einem Gerüft von fefterer Subftanz gebidet find, und im Protoplasma von *Aethalium* würde das dazu nöthige Material wohl von dem *Plaftin* geliefert werden, womit jedoch keineswegs noch andere Functionen des Plaftins ausgefchloffen fein würden. Auch in der relativen Bewegung des Enchylema gegen die Gerüftfubftanz könnte eine entfprechende Wirkung, wie durch ein befonderes Organ, erzielt werden. Stellen wir uns z. B. vor, die oxydirbaren Beftandtheile feien im Enchylema gelöft enthalten, ein Theil der Gerüftfubftanz beftehe jedoch aus einer Verbindung, die fich den Sauerftoff in ähnlicher Weife anzulagern und zum Zweck einer Oxydation wieder abzugeben vermöchte, wie das Hämoglobin: fo würden die betreffenden Beftandtheile des Enchylema, an den bezüglichen Theilen der Gerüftfubftanz vorbeiftrömend, eine Oxydation erfahren können; es wäre dann im Protoplasma durch die Circulation des Enchylema auf umgekehrtem Wege das gleiche Refultat erreicht worden, wie es im Körper der höheren Thiere durch die Blutbewegung hervorgerufen wird. Die gedachte Erfcheinung würde im Protoplasma in fo fern ein Reciprocitäts-Phänomen fein, als nach den Unterfuchungen von KÜHNE die Oxydation überall zur Unterhaltung der Contractilitätsbewegungen nothwendig ift. Auch in den Körnchen des Enchylema dürften theilweife vielleicht oxydirbare Subftanzen mit herumgeführt werden.

Weiter ift ein wichtiges Gebiet meines Wiffens noch gar nicht in's Auge gefafst worden, es ift dies das *Wachsthum des Protoplasma.*

*) Zellbildung und Zelltheilung. Dritte Auflage. 1880. S. 79.

Die Phyfiologie des Wachsthums befchäftigt fich bis jetzt faft ausfchliefslich mit der Volumenerweiterung ganzer behäuteter Zellen, insbefondere mit der Ausdehnung der Zellwand, während man das unzweifelhaft wichtigere Wachsthum der protoplasmatifchen Beftandtheile der Pflanzenzelle vernachläffigt hat. Das Wachsthum der behäuteten Zellen kann ganz unabhängig von einer Zunahme an Trockenfubftanz verlaufen, während das Wachsthum lebensthätiger Plasmodien, deren Waffergehalt man wohl als conftant anfehen darf, auf Zunahme an Trockenfubftanz beruht. Dies Wachsthum kann auf zweierlei Weife zu Stande kommen; einmal durch die von CIENKOWSKI entdeckte Verfchmelzung von Myxamoeben, fodann durch Affimilation neuer Nährftoffe. In letzterer Hinficht ift das Wachsthum vom Chemismus abhängig; fo lange genügendes Baumaterial vorhanden ift und die Synthefe die Spaltung überwiegt, findet auch Wachsthum ftatt, im anderen Falle dagegen wird *Inanition* eintreten. Vielleicht wird fich aus der zuletzt berührten Beziehung eine Methode gewinnen laffen, um die Producte der regreffiven Metamorphofe auch in den Plasmodien zur Anhäufung zu zwingen.

Ein fpeciell für die Schleimpilze in Betracht kommendes, intereffantes Problem ift die fo überaus rapide verlaufende Umwandlung der aus Protoplasma beftehenden jungen Fruchtkörper in die Sporenmaffen und das Capillitium.

IV. Dynamik der Stoffwechselprocesse im Protoplasma.

Wir haben aus phyficalifchem Gefichtspuncte oben (S. 94) das Protoplasma definirt als ein materielles Syftem von fpecififcher Configuration und fpecififcher Bewegung. Wir haben ferner als Princip aufgeftellt, dafs auch in den biologifchen Disciplinen der phyficalifchen Naturbetrachtung fo viel als möglich Vorfchub zu leiften ift.

Die Hauptaufgabe der phyficalifchen Forfchung befteht aber darin, den Energieinhalt oder kürzer *die Energie* eines materiellen Syftems aus feiner Configuration und aus feiner Bewegung zu beftimmen; feftzuftellen, wie viel Energie zu einem materiellen Syfteme hinzutritt oder daffelbe verläfst, wenn des Syftem aus einem gegebenen Zuftande in einen anderen beftimmten Zuftand übergeht*). Aus diefer Präcifirung der Aufgabe folgt ohne Weiteres, dafs die Schwierigkeit ihrer Löfung im directen Verhältnifs der Complicirtheit des Syftemes fteht.

Die Energie eines materiellen Syftemes hängt ausfchliefslich ab von feiner Bewegung und von feiner Configuration. Denjenigen Theil der Energie, welcher durch die Bewegung des Syftems oder feiner Theile bedingt wird, nennen wir bekanntlich *actuelle* oder *kinetifche Energie*. Derjenige Theil der Energie des Syftems, welcher von der Configuration deffelben abhängt, heifst bekanntlich die *potentielle Energie* des Syftems. Demnach beruht eine Zunahme an actueller Energie auf einer Veränderung der Gefchwindigkeit, eine Zunahme an potentieller Energie auf einer Veränderung der Configuration des Syftems.

Man definirt den Begriff Energie auch als die Fähigkeit eines Syftemes, *Arbeit zu leiften;* Arbeit ift aber nichts anderes, als die Veränderung der Configuration eines materiellen Syftems entgegen einer Kraft, welche fich diefer Veränderung widerfetzt. Wenn ein Syftem an einem anderen Arbeit leiftet, fo wird dabei Energie von dem erftem Syftem auf das zweite übertragen; das erfte Syftem verausgabt Energie, das zweite Syftem nimmt Energie ein, und der Betrag der von dem einen Syftem verausgabten Energie ift gleich dem Betrage der von dem andern Syftem eingenommenen Energie.

---

*) Diejenigen Lefer, welche fich eingehender als es hier gefchehen kann, über die allgemeinen Eigenfchaften eines materiellen Syftems und die daraus fich ergebenden Grundaufgaben der Phyfik zu unterrichten wünfchen, verweife ich auf das bekannte Buch von MAXWELL »*Matter and Motion*«, von dem vor Kurzem auch eine deutfche Ausgabe erfchienen ift. Ich habe mich in den phyfikalifchen Erläuterungen diefer Abhandlung faft durchweg an MAXWELL angefchloffen.



Ebenſo wird durch die Wechſelwirkung der Theilchen innerhalb eines Syſtems der numeriſche Betrag der Geſammtenergie des Syſtems nicht geändert, ſondern nur die Form der Energie gewechſelt, d. h. es kann kinetiſche Energie in potentielle Energie von gleichem Betrage verwandelt werden und umgekehrt. Dieſer Grundſatz von der *Erhaltung der Energie* iſt bekanntlich das Fundament, auf welchem die heutige Phyſik alle ihre Lehren aufbaut, und welches der geniale Entdecker deſſelben zugleich zum leitenden Grundſatz der Phyſiologie erhoben hat. Wo immer auch in der phyſiologiſchen Erkenntniſs ſich ein Fortſchritt zu zeigen ſcheint, da wird man die Zuverläſſigkeit deſſelben am Prüfſtein des Geſetzes von der Erhaltung der Energie zu unterſuchen haben.

Was nun weiter die Configuration eines materiellen Syſtemes (Syſtems materieller Puncte) anbetrifft, ſo können wir das Syſtem zunächſt als im Gleichgewicht, d. h. im Zuſtande relativer Ruhe befindlich anſehen. Einem jeden ſolchen Gleichgewichtszuſtande des Syſtems wird ein beſtimmter Betrag an potentieller Energie entſprechen, welcher von der Configuration der Partikel des Syſtemes abhängt. Wenn dieſer Gehalt an potentieller Energie ein Minimum iſt, ſo ſagen wir, das Syſtem befinde ſich im *ſtabilen* Gleichgewicht; für dieſen Zuſtand iſt characteriſtiſch, daſs die gegebene Configuration des Syſtems nach jeder Deformation, d. h. nach jeder durch ein äuſseres Agens erzeugten Dislocation ſeiner Partikeln, ſich wieder herzuſtellen ſucht. Beträgt dagegen die potentielle Energie des Syſtems mehr als das Minimum, ſo iſt ſein Gleichgewichtszuſtand ein *labiler*, und jede Veränderung ſeiner Configuration, welche dieſelbe der Configuration der ſtabilen Gleichgewichtslage näher bringt, wird nicht wieder ausgeglichen. Hierbei iſt ferner zu beachten, daſs durch jede Dislocation (oder jeden Bewegungsſchritt), welche die Configuration eines Syſtems in der Richtung zur ſtabilen Gleichgewichtslage verändert, d. h. derſelben nähert, die potentielle Energie des Syſtems vermindert wird, während durch jede Dislocation, welche die Configuration deſſelben von der Configuration der ſtabilen Gleichgewichtslage weiter entfernt, die potentielle

Energie des Syftems vermehrt wird. Da nun einer Verminderung der potentiellen Energie ein numerifch gleicher Zuwachs an kinetifcher Energie entfpricht, fo wollen wir die Wirkung der erfteren Dislocation als *dynamifch-pofitiv*, die der letzteren dagegen als *dynamifch-negativ* bezeichnen. *Solidificirt* endlich nennt man den Zuftand eines Syftems, wenn feine Configuration unveränderlich geworden ift.

Ein Agens, welches die Configuration oder den Bewegungszuftand eines Syftems verändert, nennen wir eine Kraft. — — —

Wenn wir uns nunmehr über die Energie des Protoplasma zu orientiren fuchen, fo werden wir zunächft auch hier die Relation zwifchen der kinetifchen und der potentiellen Energie deffelben zu beftimmen haben.

Von der relativen Bewegung eines protoplasmatifchen Syftems als eines Ganzen, wie es in der Schwimmbewegung der Schwärmfporen, in der kriechenden Bewegung der Amoeben vorliegt, wollen wir hierbei abfehen und nur daran erinnern, dafs auch diefe locomotorifchen Bewegungen einen gewiffen Werth an kinetifcher Energie repräfentiren und verausgaben, und daher nach und nach einen gewiffen Vorrath an potentieller Energie confumiren müffen. Die inneren Bewegungen des Protoplasma find dagegen theils Bewegungen gröfserer Maffenfyfteme, die als Contractilitäts-Bewegungen microfkopifch wahrnehmbar werden, theils Schwingungen der Molecüle, die wir als Wärme nachweifen können; und diefer Umftand, dafs fich kinetifche Energie als *Wärme* beftimmen läfst, gewährt uns eine Handhabe für die bezüglichen Unterfuchungen am Protoplasma.

Die als Wärme zu meffende kinetifche Energie eines Syftems läfst fich calorimetrifch beftimmen, und auch das Protoplasma ift folchen calorimetrifchen Meffungen nicht ganz unzugänglich; dennoch durften diefelben mit grofsen technifchen Schwierigkeiten verknüpft fein und ihre etwaigen Ergebniffe ftets einer Controle durch andere Unterfuchungen bedürfen. Solche Controle läfst fich aber gewinnen durch Beftimmung der potentiellen Energie eines Syftems und durch die Beobachtung der Umwandlung eines Theils diefer potentiellen

Energie in kinetifche Energie, die wir aus einer Verminderung der potentiellen Energie folgern können. Die potentielle Energie eines Syftems wird aber beftimmt aus feiner Configuration. Wenn wir nun diefe Aufgabe auf das Protoplasma zu übertragen fuchen, fo tritt uns hier der Umftand entgegen, dafs ein Theil der Configuration des Protoplasma beruht auf der von uns theoretifch erfchloffenen Organifation, d. h. der morphologifchen Differenzirung deffelben, ein anderer Theil jedoch auf der Configuration feiner Atome, d. h. auf feiner *chemifchen Conftitution*. Wenn wir nun die morphologifche Organifation des Protoplasma, von deren Vorhandenfein das Zuftandekommen der fpecififchen chemifchen Proceffe abhängt, als eine Conftante betrachten, fo ift, wie ich glaube, der Fehler, den wir bei diefem Anfatz begehen, kein erheblicher. Vermuthlich wird auch ein Theil der Organe des Protoplasma Zerftörungen erfahren, ein anderer Theil neugebildet werden, diefe Vorgänge dürften fich jedoch im Allgemeinen compenfiren. Da aber folche Zerftörung und Neuorganifation auch wefentlich auf chemifcher Aenderung der Subftanz beruht, fo würden diefelben in der dynamifchen Bilanz des Chemismus mit berückfichtigt werden. Sollte endlich die von uns angenommene Organifation des Protoplasma garnicht exiftiren, fo würde der Werth jener Conftante gleich Null und könnte ganz unberückfichtigt bleiben.

Unfere Aufgabe hat fich nunmehr dahin zugefpitzt, den dynamifchen Werth der chemifchen Zufammenfetzung des Protoplasma und der in ihm vorgehenden chemifchen Veränderungen zu beftimmen, d. h. die durch die Befchaffenheit der chemifchen Verbindungen, welche das Protoplasma jeweilig zufammenfetzen, repräfentirte potentielle Energie feftzuftellen.

Alle chemifchen Umfetzungen beruhen auf einer neuen Gruppirung der Atome, auf einer Veränderung ihrer Configuration. Wir haben daher die von ihrer fpecififchen Configuration abhängige potentielle Energie einer chemifchen Verbindung mit der potentiellen Energie einer oder mehrerer, aus diefer entftandenen neuen Verbindungen zu vergleichen, und wir werden die gefundene Differenz als Gewinn

oder Verluſt an potentieller Energie in Rechnung zu ſtellen haben, wobei einer Verminderung an potentieller Energie die Erzeugung von kinetiſcher Energie im gleichen numeriſchen Betrage entſpricht, die zur Verrichtung von mechaniſcher Arbeit disponibel wird, oder die Temperatur des Syſtemes zu erhöhen vermag. Nach der von uns oben (S. 127) angenommenen Bezeichnungsweiſe werden wir alſo bei jeder chemiſchen Veränderung im Protoplasma zu unterſuchen haben, ob der dynamiſche Werth dieſer Veränderung *poſitiv* oder *negativ* ausfällt.

Wir würden das Problem der Dynamik des Protoplasma ſomit als gelöſt anſehen können, wenn es gelungen ſein ſollte, die Abhängigkeit der Aenderung ſeiner Energie von der Aenderung der Configuration und der Bewegung ſeiner Theilchen, ſowie den Grad der Aenderung ſeiner Energie für jede einzelne Epoche ſeiner Exiſtenz zu ermitteln, d. h. zu beſtimmen, wieviel Arbeit geleiſtet werden muſs, um einen Zuſtand des Protoplasma in einen anderen überzuführen; denn nur auf die *Veränderung* der Energie des Protoplasma kann es der phyſiologiſchen Forſchung ankommen, nicht auf ihren abſoluten Werth.

Sollen aber die Vorgänge im Protoplasma durch die dynamiſche Behandlung wirklich erklärt werden, ſo müſſen wir Configuration, Bewegungen und bewegende Kräfte im Einzelnen und für jede einzelne Epoche *genau feſtſtellen*, — eine Aufgabe, die von der Mechanik wohl für relativ ganz einfache Syſteme gelöſt worden iſt und gelöſt werden kann, deren Löſung aber für das als materielles Syſtem betrachtete Protoplasma bei der ungeheuren Complication, welche daſſelbe darbietet, unmöglich genannt werden muſs.

Wenn ſomit dieſe Betrachtung nur dahin geführt hat, zu zeigen, daſs wir eine vollſtändige Mechanik des Protoplasma vorausſichtlich niemals erreichen werden, ſo ſoll ſie uns doch nicht davon abſchrecken, unverrückbar das oben bezeichnete Ziel im Auge zu behalten, die mechaniſche Naturbetrachtung auch auf das Protoplasma auszudehnen, ſo weit dies möglich iſt. Es wird immerhin ſchon von hohem Werthe ſein, die ſich vollziehenden Energie-Aenderungen im Protoplasma wenigſtens qualitativ feſtzuſtellen und wird es vielleicht gelingen, durch

Vergleich zahlreicher Beobachtungen die Ergebniſſe ſolcher Unterſuchung in Form einer Curve darzuſtellen, welche ſich den thätſächlichen Verhältniſſen auch quantitativ nähert. So viel wiſſen wir mit Sicherheit, daſs einem gegebenen Zuſtande des Protoplasma ein beſtimmter Betrag an Energie entſpricht, und ebenſo ſicher wiſſen wir, daſs die Geſammt-Energie des Protoplasma durch Wirkung zwiſchen den Theilchen ſeiner Subſtanz weder vermehrt noch vermindert werden kann, ſondern daſs nur potentielle Energie in kinetiſche ſich verwandeln kann und umgekehrt. Als erſte Frage werden wir daher ſtets ins Auge zu faſſen haben, ob bei einer chemiſchen Veränderung der dynamiſche Effect ein poſitives oder negatives Vorzeichen beſitzt.

Nun befindet ſich aber das Protoplasma, als materielles Syſtem gedacht, keineswegs in einem Gleichgewichtszuſtande, ſondern ſeine Theilchen befinden ſich in mehr oder minder lebhafter Bewegung.

Die lebendige Kraft dieſer Bewegung ſtrebt danach, ſich durch Leiſtung von Arbeit aufzuzehren, oder als Wärme ſich mit der Wärme der umgebenden Medien auszugleichen. Auch dieſer Umſtand empfiehlt uns, ein gemeinſames Maaſs für die Energie im Protoplasma aufzuſuchen, und dieſes Maaſs finden wir im Wärmewerth, den ſowohl die Configuration wie die Bewegung des Syſtems repräſentirt.

Aus dieſen Umſtänden folgt aber, daſs es für den Fortſchritt in der phyſiologiſchen Erkenntniſs des Protoplasma, nachdem ſeine chemiſche Compoſition einmal feſtgeſtellt iſt, keine wichtigere Vorarbeit geben kann, *als die genaue Beſtimmung der Verbrennungswärme und der ſpecifiſchen Wärme ſämmtlicher Stoffwechſelproducte des Protoplasma.* Solche Beſtimmungen ſind aber ſchwierig, ſie erfordern ein eingehendes Specialſtudium. Auch ſind bereits eine Anzahl anerkennenswerther Unterſuchungen in dieſer Richtung vorhanden, aus neueſter Zeit iſt namentlich eine Arbeit von RECHENBERG*) zu erwähnen, dennoch liegen über zahlreiche wichtige Subſtanzen kein zuverläſſigen calorimetriſchen Angaben vor. Kennen wir die chemiſche Zuſammen-

*) v. RECHENBERG, Ueber die Verbrennungswärme organiſcher Verbindungen. Journ. f. prakt. Chemie XXII, S. 1 ff. 1880.

ſetzung des Protoplasma in jeder Phaſe genau, kennen wir ferner die Verbrennungswärme jedes einzelnen Stoffwechſelproductes, ſo wird ſich die Energie des Protoplasma, ſofern ſie von der chemiſchen Configuration ſeiner Beſtandtheile und deren Veränderung abhängt, annähernd genau berechnen laſſen. Das dynamiſche Problem wird alſo dadurch practiſch zu einem chemiſchen; allein auch der *vollſtändigen* Löſung dieſer chemiſchen Aufgabe ſtellen ſich groſse techniſche Schwierigkeiten entgegen.

Thatſächlich werden wir unſere Unterſuchung damit anheben laſſen, zu ermitteln, in welchen Verbindungen das Minimum an potentieller Energie enthalten, die Verbrennungswärme gleich Null iſt. Es ſind dies die unverbrennlichen, einen Zuſtand hoher und höchſter Oxydation darſtellenden Subſtanzen, wie CO_2, H_2O, SO_4H_2 u. a. *Dieſe Subſtanzen repräſentiren den Zuſtand eines ſtabilen Gleichgewichts.* Wir haben dann eine Reihe von Subſtanzen von relativ geringerer Verbrennungswärme, dieſelben beſitzen meiſtens nur ein niedriges Moleculargewicht, während andere Componenten des Protoplasma von hohem Moleculargewicht auch hohe caloriſche Werthe repräſentiren. Wo nun immer ein chemiſcher Proceſs ſich abſpielt, wo immer eine Verbindung ſynthetiſch aus anderen ſich aufbaut, oder eine Verbindung analytiſch in andere ſich ſpaltet, da haben wir ſtets den Wärmeinhalt der zur Action kommenden Maſſen im Anfangszuſtande und im Endzuſtande mit einander zu vergleichen und die Differenz der Verbrennungswärmen zu beſtimmen. Wir ertheilen dann der Ziffer, welche dieſe Differenz ausdrückt, ein poſitives Vorzeichen, wenn die Verbrennungswärme der Molekelgruppe, die wir unterſuchen, ſich vermindert hat, weil dabei kinetiſche Energie entſtanden ſein muſs; das Vorzeichen wird negativ bei einer Zunahme der Verbrennungswärme, weil dies eine Zunahme an potentieller Energie bedeutet und eine entſprechende Menge an kinetiſcher Energie dafür verſchwunden ſein muſs. Alle Verbindungen aber, die überhaupt noch eine Verbrennungswärme beſitzen, repräſentiren einen

Zuſtand *labilen* Gleichgewichts gegenüber denjenigen Verbindungen, deren Verbrennungswärme gleich Null iſt.

Es liegt nicht in meiner Abſicht, hier auf alle diejenigen Umſtände im Einzelnen hinzuweiſen, welche eine Conſumption und Ausgleichung der im Protoplasma erzeugten freien Wärme bewirken; nur ein Punct mag noch kurz berührt werden. Nach dem zweiten Hauptſatz der mechaniſchen Wärmetheorie vermag die im Protoplasma entwickelte Wärme nur dann Arbeit zu leiſten, wenn Temperatur-Differenzen im Innern des Protoplasma vorhanden ſind. Wo es daher innerhalb des Protoplasma zur Verrichtung mechaniſcher Arbeit kommt — und jede Contractilitäts-Bewegung iſt wohl als hierher gehörig anzuſehen, muſs die Vertheilung der Wärme im Innern eine ungleiche ſein; als Urſachen ſolcher innerer Temperatur-Differenzen können locale Oxydationen, vielleicht auch Unterſchiede in der ſpecifiſchen Wärme gewiſſer Beſtandtheile des Protoplasma angenommen werden.

Wenn wir die Stoffwechſelproceſſe im Protoplasma ſpecieller in's Auge faſſen, ſo werden wir denſelben nunmehr eine beſtimmte dynamiſche Bedeutung zuſprechen können und läſst ſich das Ergebniſs unſerer diesbezüglichen Betrachtungen kurz dahin zuſammenfaſſen, daſs

1) jeder Zuwachs an organiſcher Subſtanz für das Protoplasma einen Zuwachs an Energie, und zwar zunächſt an potentieller Energie bedeutet;
2) daſs nicht nur durch die Aſſimilation, ſondern auch durch die fernere progreſſive Stoffmetamorphoſe potentielle Energie angehäuft wird, woraus ſich eine Conſumption an kinetiſcher Energie erſchlieſsen läſst, die zur Leiſtung der durch die progreſſive Metamorphoſe repräſentirten Arbeit verwendet wird. Die Summe der dynamiſchen Effecte der progreſſiven Stoffmetamorphoſe erhält ſomit ein negatives Vorzeichen.
3) In der regreſſiven Stoffmetamorphoſe wird potentielle Energie in kinetiſche Energie umgewandelt; durch ſie wird Wärme frei gemacht, durch ſie werden alle jene Betriebskräfte entfeſſelt, die zur Leiſtung der mannigfachen Arbeit im Proto-

plasma nothwendig ſind, und ohne welche der Lebensproceſs des Protoplasma nicht gedacht werden kann.

Mit einem Schlage wird durch dieſe Betrachtung klar, daſs die regreſſive Metamorphoſe für das Protoplasma und für den Organismus überhaupt eine ebenſo hohe Wichtigkeit beſitzt, wie die progreſſive Metamorphoſe; durch die letztere wird immerfort chemiſche Spannung erzeugt, die ſich in der regreſſiven Metamorphoſe unausgeſetzt zum Impuls der Bewegungen wieder löſt.

Der Organismus muſs nicht blos Subſtanz, ſondern auch Kraft, d. h. Energie, aſſimiliren; denn in der Eizelle, im Spermatozoid iſt ja ein geringerer Vorrath an Energie enthalten, als in einem erwachſenen Thiere. Das Thier aber, wie auch das nicht grün gefärbte Protoplasma der Pflanze, erwirbt dieſen Zuwachs an Energie in Form von aſſimilirter Materie, d. h. von leicht zerſtörbaren und oxydirbaren Verbindungen; die Pflanzenzelle zum groſsen Theil auch in der Form von zugeführten Wärme- und Lichtſchwingungen. Die Unterhaltung der Bewegungen des Lebensmechanismus wird dann durch die Zerſtörung der aſſimilirten Subſtanzen und durch ihre Ueberführung in Verbindungen des ſtabilen Gleichgewichtszuſtandes beſchafft. Zweierlei Gruppen von Wirkungen ſehen wir ſomit im Protoplasma thätig: die einen bauen auf und organiſiren in faſt bewuſst zu nennender Zielſtrebigkeit, die anderen zerſtören und entwickeln Kraft und Bewegung. Nicht blos in ſpecifiſchen Schwingungen der Eiweiſsmolecüle beſteht daher das Leben, wie einige Naturforſcher meinen, ſondern in der Aſſimilationsmechanik des chemiſch complicirt gebauten Protoplasma, die fremde Stoffe in die eigene Körperſubſtanz umwandelt und die ihrerſeits wieder die nöthigen Betriebskräfte aus den angehäuften Vorräthen zu entnehmen weiſs. Die organiſchen Subſtanzen im Protoplasma ſind daher der Uhrfeder in einem Mechanismus vergleichbar, welche durch das Aufgezogenwerden ihre Configuration derartig ändert, daſs dadurch ein Zuwachs an potentieller Energie für das Syſtem gewonnen wird, der im Ablaufen der Uhr in kinetiſche Energie ſich umſetzt. Die anorganiſchen Beſtandtheile der Zelle können eine

folche Bedeutung nicht haben, weil fie fich fämmtlich im Zuftande eines ftabilen Gleichgewichts befinden.

Schon im vorigen Abfchnitte ift auf die grofse Bedeutung des Eingreifens des freien atmofphärifchen Sauerftoffs in den Chemismus der regreffiven Metamorphofe hingewiefen; aber auch die dynamifche Seite diefer Beziehung befitzt ein hervorragendes Intereffe. Die Frage nach der Bedeutung des atmofphärifchen Sauerftoffs für die Stoffwechfelproceffe im Protoplasma ift eine complicirte und fchwierige, die bisher ausgeführten Experimental-Unterfuchungen find noch nicht geeignet, das über diefen Vorgängen lagernde Dunkel befriedigend aufzuhellen, es bedarf erneuter Unterfuchungen nach verfchiedenen, zum Theil bis jetzt noch nicht eingefchlagenen Richtungen.

Mit Sicherheit wiffen wir, dafs im Getrenntfein von Kohlenftoff und Sauerftoff innerhalb eines materiellen Syftemes ein gewaltiger Vorrath an potentieller Energie gegeben ift. Veranlaffen wir die Molecüle beider Grundftoffe, fich zu CO_2 zu vereinigen, fo finkt der Werth der im Anfangszuftande des Syftems gegebenen potentiellen Energie auf Null; ein entfprechender, bedeutender Werth an kinetifcher Energie wird frei, den wir aus der Verbrennungswärme des Kohlenftoffs zu beftimmen vermögen. Ein gleichfinniger, wenn auch numerifch geringerer Effect wird erzielt, wenn anftatt des Kohlenftoffs eine kohlenftoffreiche Verbindung der Oxydation anheim fällt, wobei neben CO_2 auch H_2O entfteht. Ferner verfteht es fich von felbft, dafs, wenn der Sauerftoff urfprünglich aufserhalb des Syftems gegeben ift und einen Beftandtheil des Syftems oxydirt, das Syftem dadurch einen Zuwachs an Energie empfängt, deffen Betrag in der Oxydationswärme jener Subftanz gemeffen werden kann. Endlich fcheint mir für die Pflanzenzelle durch die Unterfuchungen von PRINGSHEIM*) erwiefen, dafs gewiffe Subftanzen im vegetabilifchen Protoplasma durch freien atmofphärifchen Sauerftoff eine directe Oxydation erfahren. Denn eine Reihe von Zerftörungsproceffen im Protoplasma, welche

*) Ueber Lichtwirkung und Chlorophyllfunction in der Pflanze. Jahrb. f. wiffenfch. Bot. XII. S 288 ff. 1881.

bei Gegenwart von Sauerſtoff ſich mit Sicherheit conſtatiren laſſen, unterbleiben, ſobald die Zelle ſich in einem ſauerſtofffreien Medium befindet. Dieſe Oxydationswirkung des Sauerſtoffs bei niedriger Temperatur vollzieht ſich aber ausſchlieſslich im lebensthätigen Protoplasma; im Protoplasma iſt alſo ein Factor enthalten, deſſen Mitwirkung für das Zuſtandekommen der Oxydation eine Nothwendigkeit iſt. Die Unterſuchungen PRINGSHEIM'S haben ferner gelehrt, daſs die durch Lichtſchwingungen verurſachte moleculare Erſchütterung des Protoplasma den Oxydationsproceſs in überraſchender Weiſe beſchleunigt.

Weiter wiſſen wir mit Sicherheit, daſs lebendes Protoplasma unter normalen Verhältniſſen Sauerſtoff abſorbirt und CO_2 ausſcheidet, und daſs dieſe Ausſcheidung von CO_2 fortdauert, wenn man die Zelle in ein ſauerſtofffreies Medium verſetzt hat.

Unſicher dagegen iſt vor der Hand die theoretiſche Deutung des vollſtändigen Verhältniſſes zwiſchen lebendem Protoplasma und Sauerſtoff.

Wir werden gewiſs nicht fehlgehen, wenn wir die vitale Oxydation zu den Fundamentalerſcheinungen des Lebensproceſſes rechnen; es wird aber auch die Annahme, daſs die Grunderſcheinungen des Lebens für alle oder doch für die meiſten Organismen im Weſentlichen die gleichen ſind, ſtets groſse innere Wahrſcheinlichkeit beſitzen. Wenn wir daher die Vorgänge der vitalen Oxydation aus theoretiſchem Geſichtspunkte betrachten wollen, ſo werden wir nicht umhin können, wie es auch meiſtens geſchehen iſt, die Erfahrungen der thieriſchen Phyſiologie mit denen der Pflanzenphyſiologie zu vergleichen.

Die Athmung der Pflanze hat man früher allgemein dahin gedeutet, daſs gewiſſe Subſtanzen durch den vom Protoplasma abſorbirten freien Sauerſtoff oxydirt werden, und CO_2 als Product directer Oxydation ausgeſchieden wird. Analog deutete man auch die Athmung der Thiere, bei denen die Oxydation ſich bekanntlich in den Geweben und nicht im Blute vollzieht. In neuerer Zeit iſt dagegen für den thieriſchen Athmungsproceſs eine ganz andere Erklärung gegeben

worden, befonders durch die wichtigen Arbeiten E. PFLÜGER'S*). Die Unterfuchungen PFLÜGER'S ftützen fich auf einen mehrfach wiederholten Verfuch, wonach Fröfche in einer fauerftofffreien Atmofphäre längere Zeit fortfahren, CO_2 auszufcheiden. PFLÜGER nimmt an, dafs die Ausfcheidung von CO_2 nicht als Folge der Oxydation zu betrachten fei, fondern unabhängig von diefer verlaufe, ihr fogar vorauseile. Er nimmt dabei an, dafs die Eiweifsmolecüle im lebenden Protoplasma in Folge gefteigerter Wärmefchwingungen diffociiren und dabei in Waffer, amidartige Subftanzen und CO_2 zerfallen; nachdem durch heftige intramoleculare Schwingungen aus dem Eiweifsmolecül die CO_2-gruppe herausgetrieben worden, tritt Sauerftoff in die dadurch entftandene Brefche und wird von dem Molecülrefte affimilirt. Die für die Diffociation nothwendige intramoleculare lebendige Kraft foll dadurch hervorgebracht werden, dafs durch die Wärmefchwingungen locker gebundene O-Atome gegen C-Atome der Eiweifsmolecüle gefchleudert werden, dafs hierdurch CO_2 entfteht, welches explofionsartig eine ungeheure Wärmemenge auf einem Punkte erzeugt und dadurch die Diffociation hervorruft. Die vitale Oxydation wäre fomit alfo keine directe, fondern eine indirecte.

Nachdem nun die Beobachtung gemacht worden, in Deutfchland zuerft durch BÖHM, in Frankreich durch LECHARTIER und BELLAMY, dafs nicht blos der Hefepilz, fondern auch Theile von Blüthenpflanzen in einer fauerftofffreien Atmofphäre CO_2 ausfcheiden können, wobei nebenher immer Aethylalkohol in den Zellen fich bildet, find fogleich einige neue Athmungstheorien entftanden, welche mehr oder weniger an die PFLÜGER'fche Athmungstheorie fich anlehnen. Es foll hier nur einer diefer Verfuche Erwähnung finden, die Athmungstheorie

*) Vgl. namentlich die folgenden Arbeiten diefes hervorragenden Phyfiologen, die auch für den Pflanzenphyfiologen des Anregenden überaus viel enthalten: Ueber die phyfiologifche Verbrennung in den lebendigen Organismen, Archiv f. Phyfiol. X, S. 251 ff. 1875. — Ueber den Einflufs der Athemmechanik auf den Stoffwechfel, l. c. XIV, S. 1 ff. 1877. — Ueber den Einflufs der Temperatur auf die Refpiration der Kaltblüter, l. c. S. 73. — Ueber Wärme und Oxydation der lebendigen Materie, l. c. XVIII, S. 247. 1878.

von JULIUS WORTMANN*). WORTMANN hatte beobachtet, dafs eine Keimpflanze im Torricellifchen Vacuum in der Zeiteinheit ebenfo viel CO_2 ausfcheidet als in einer fauerftoffhaltigen Atmofphäre. Nach WORTMANNS**) Vorftellung zerfallen die »Protoplasma«-Molecüle in der Zelle, wobei auch Kohlenhydrate entftehen; durch einen Theil diefer vorhandenen Kohlenhydrate werden fie wieder »reftaurirt«, während andere, Zuckermolecüle, bei ihrem Entftehen weiter in Alkohol und CO_2 zerfallen. Vollzieht fich diefer Procefs in atmofphärifcher Luft, fo wird der Alkohol durch Sauerftoff unter Wafseraustritt zu »Ifomeren der Effigfäure« oxydirt, deren Atome fich wieder zu einem Zuckermolecül umlagern. Der Finaleffect der Sauerftoffwirkung wäre fomit eine Reduction.

Diefe, zunächft rein chemifche Hypothefe bedarf natürlich ausgedehnter experimenteller Prüfung nach verfchiedenen Richtungen. Wenn die fogenannte innere oder intramoleculare Athmung der Pflanzen ftets mit der alkoholifchen Gärung identifch ift, alfo Aethylalkohol als Nebenproduct erzeugt, fo kann fie nicht vorkommen in Pflanzentheilen, welche keinen Traubenzucker enthalten, beziehungsweife zu bilden vermögen. Dies ift ein Bedenken, welches fich gegen die allgemeine Anwendbarkeit der Theorie erhebt. Andere Bedenken find kürzlich durch DETTMER***) vorgeführt worden. Endlich wird darin einer doch auch unzweifelhaft in den Pflanzenzellen ftattfindenden directen Oxydation keine Rechnung getragen.

Es ift nicht meine Abficht, an diefer Stelle eine Kritik der WORTMANN'fchen Athmungstheorie zu liefern. Ich felbft gehöre allerdings bis jetzt noch zu denjenigen Phyfiologen, welche fich die normale Athmung des vegetabilifchen Protoplasma als einen directen Oxydationsprocefs vorftellen. Ich bin auf diefen wichtigen Theil des vegetabilifchen Stoffwechfels nur eingegangen, weil ich verfuchen

*) Ueber die Beziehungen der intramolecularen zur normalen Athmung der Pflanzen. Arb. d. bot. Inft. in Würzburg, II, S. 500 ff. 1880.

**) l. c S. 518.

***) Das Wefen der Stoffwechfelproceffe im vegetabilifchen Organismus. Jahrb. wiffenfch. Bot. XII. S. 277.

möchte, zu zeigen, dafs der Zufammenhang zwifchen der normalen und der fogenannten inneren oder intramolecularen Athmung gar kein direct *chemifcher* zu fein braucht, fondern auch als ein rein *dynamifcher* vorgeftellt werden kann.

Um diefe Vorftellung zu begründen, ift es nöthig, an eine intereffante Arbeit von PFLÜGER*) anzuknüpfen, in welcher diefer Forfcher ein biologifches Grundgefetz von allgemeinerer Geltung entwickelt hat; er nennt es das Gefetz der *teleologifchen Mechanik*.

Ich will verfuchen, den Grundgedanken PFLÜGER'S wieder zu geben, theilweife mit feinen eigenen Worten.

»Wenn wir fehen, dafs ein Thier, ähnlich wie der Menfch, feine Handlungen den jeweiligen Zuftänden der es umgebenden Körperwelt fortwährend fo anpafst, wie es für feine Wohlfahrt am vortheilhafteften ift, dann fchliefsen wir, dafs jene Handlungen durch Ueberlegungen beftimmt feien, alfo der Ausflufs eines mit Bewufstfein begabten pfychifchen Vermögens. Wir bemerken nun ferner, dafs auch diejenigen Organe der Thiere, auf deren Arbeit die bewufste Seele keinen Einflufs ausübt, in analoger Weife wie das Gefammtthier den wechfelnden Verhältniffen gegenüber ihre Arbeit zweckmäfsig reguliren«. Es befteht alfo eine Analogie zwifchen der zweckmäfsigen Arbeit der Organe und der bewufsten, denkenden Thätigkeit der Seele — eine bereits von Ariftoteles geäufserte Wahrnehmung. Diefe, durch zahlreiche Beifpiele illuftrirte Vorftellung führt PFLÜGER zur Aufftellung des Satzes, *dafs die Urfache jeden Bedürfniffes eines lebendigen Wefens zugleich die Urfache der Befriedigung deffelben ift.* Wo alfo ein Mangel auftritt, da veranlafst derfelbe zugleich die Befriedigung, der Verbrauch an organifcher Subftanz wird die Urfache zur Aufnahme von Nährftoffen, und »die lebendige Zelle regulirt den Zuftrom des Sauerftoffs zu fich felbft«.

Wenn wir nun die Keimpflanze einer Bohne oder Erbfe in einen fauerftofffreien Raum verfetzen, fo befindet fich diefelbe offenbar pathologifchen Lebensbedingungen ausgefetzt.

*) Die teleologifche Mechanik der lebendigen Natur. Archiv f. Phyfiol. XV. S. 57 ff. 1877.

Das Protoplasma einer folchen Pflanze bedarf zur Erfüllung feiner Functionen eines gewiffen Aufwandes an kinetifcher Energie, die in feinem Innern erzeugt werden mufs, was unter normalen Verhältniffen durch Oxydation mittelft atmofphärifchen Sauerftoffs gefchieht. Wird die Pflanze durch Entziehung des Sauerftoffs diefer Kraftquelle beraubt, fo wird durch das Bedürfnifs nach Kraft eine neue Molecularbewegung ausgelöft, welche zur Abfpaltung von CO_2 führt. In vielen Fällen ift dies ohne Zweifel alkoholifche Gährung, da man den Aethylalkohol direct in den Zellen nachgewiefen hat; in anderen Fällen bliebe zu unterfuchen, ob nicht CO_2 auch durch Diffociation von Eiweifsmolecülen zu entftehen vermag. Da die Verbrennungswärme von CO_2 gleich Null ift, fo darf angenommen werden, dafs die übrigen, neben CO_2 entftehenden Spaltungsproducte zufammen eine geringere Verbrennungswärme befitzen, als die gegebene Subftanzmenge vor der Spaltung oder Diffociation; die Differenz hat fich in kinetifche Energie umgewandelt, welche dem Protoplasma zu Gute gekommen ift,

So würde in diefem Falle das *Bedürfnis* nach kinetifcher Energie die Urfache des *Erwerbs* von kinetifcher Energie geworden fein, und es würde fich das Auftreten alkoholifcher Gärung in lebenden Pflanzenzellen, denen der freie atmofphärifche Sauerftoff entzogen war, *rein dynamifch* aus PFLÜGER'S Gefetz der teleologifchen Mechanik erklären laffen. WORTMANN'S Beobachtung, dafs Pflanzen bei »intramolecularer Athmung« eben fo viel CO_2 ausfcheiden als bei normaler, fteht mit der hier verfuchten Erklärung in keinerlei Widerfpruch.

Dies eine Beifpiel mag genügen, um zu zeigen, dafs die rein dynamifche Betrachtung der Stoffwechfelproceffe zum Mindeften nicht ungeeignet ift, befondere und intereffante Gefichtspuncte für die theoretifche Unterfuchung diefer Proceffe zu liefern.

V. Die Stoffwechselproducte von Aethalium septicum.

Wenn ich von dem Gefichtspunkte der in diefer Abhandlung entwickelten Principien aus die Hauptergebniffe der Analyfe des Protoplasma von *Aethalium septicum* vergleichend überblicke, fo möchte ich zunächft noch einmal auf die befondere Wichtigkeit jenes Fundamentalverfuches hinweifen, durch welchen es gelang, mittelft der Preffe die Subftanz des Protoplasma in zwei Hauptbeftandtheile von verfchiedenem Aggregatzuftande zu zerlegen, in einen feften, aber gequollenen und plaftifchen, und in eine ächte Flüffigkeit, eine wäfferige Löfung. Im lebenden Plasmodium müffen beide Beftandtheile fich durch einander mengen, ich habe von der Verbindung beider Subftanzen mit einander die Vorftellung entwickelt, dafs man fich das Verhältnifs denken könne, wie einen mit einer Flüffigkeit getränkten Badefchwamm. Dies Gleichnifs ift infofern nicht vollftändig zutreffend, als die Plasmodien von *Aethalium* mit einer homogenen Hautfchicht aus Gerüftfubftanz umkleidet find; ob man annehmen will, die Subftanz der Hautfchicht fei von der inneren Gerüftfubftanz verfchieden oder nicht, fcheint mir von untergeordneter Bedeutung zu fein, einen zwingenden Grund für die Annahme folcher Verfchiedenheit vermag ich aber nicht zu finden. Ferner ift es mir aus phyfiologifchen (mechanifchen) Gründen, die bereits theilweife angedeutet worden find, nicht unwahrfcheinlich, dafs die von Enchylema erfüllten Hohlräume in der Gerüftfubftanz hier und da durch zarte Diaphragmen der überaus plaftifchen contractilen Materie feptirt werden. Dafs man am lebenden Plasmodium von *Aethalium* den hier aus dem Experiment gefolgerten Bau durch das Microfkop nicht direct wahrzunehmen vermag, erklärt fich befonders aus der grofsen Uebereinftimmung im Lichtbrechungsvermögen von Gerüftfubftanz und Enchylema. Dennoch fcheint mir auch die microfkopifche Unterfuchung die Vorftellung diefer angenommenen Structur zu unterftützen. Verfolgt man nämlich

die Entwicklung der Rinde eines reifenden Fruchtkörpers von *Aethalium* mit dem Microſkop, ſo erkennt man mit dem allmälichen Schwinden des Enchylema ein immer deutlicheres Hervortreten der feſten Subſtanz in Form eines nach drei Dimenſionen entwickelten Netzwerks oder vielmehr einer ſchwammartig durchlöcherten Textur. Man erkennt gröbere Löcher bereits mit bloſsem Auge oder mit der Lupe, ſie entſprechen den von DE BARY als beſondere Fruchtkörper angesprochenen morphologiſchen Componenten des Geſammt-Fruchtkörpers von *Aethalium*, das Microſkop zeigt dann ein immer feineres Netzwerk auf, welches mit jenem gröberen durch Uebergänge verbunden iſt. Auch in dem Capillitium, wobei man z. B. an *Stemonitis* und *Arcyria* denken mag, ſind vielleicht umgewandelte Reſte der Gerüſtſubſtanz zu erblicken. Wenn auch durch den 40 bis 50 Atmoſphären betragenden Druck der Preſſe ein ſehr gewaltſamer Eingriff in die Structur des Protoplasma geſchehen iſt, ſo iſt doch ſeine Zuſammenſetzung aus einem feſten und einem flüſſigen Beſtandtheile dadurch definitiv erwieſen. In chemiſcher Hinſicht kann dieſer Eingriff garnicht in Betracht kommen, nach dieſer Richtung iſt er ſicher gelinder, als die Behandlung mit irgend einem Reagens, ſelbſt mit deſtillirtem Waſſer. Dagegen wird die eigentliche Organiſation des Protoplasma durch einen ſolchen Druck allerdings vollſtändig zerſtört. Ich denke mir das Verhältniſs ähnlich, als wenn man eine Nacktſchnecke, etwa einen *Arion*, unter die Preſſe legen wollte; die Organiſation des Thieres würde durch die Quetſchung völlig vernichtet werden, allein man hätte doch den Beweis geliefert, daſs der Körper deſſelben aus feſten Beſtandtheilen und aus Flüſſigkeit zuſammengeſetzt iſt. Keineswegs aber würde es möglich ſein, aus Gallerte oder einer zähen Flüſſigkeit — und als eine ſolche hat man das Protoplasma ja meiſtens bezeichnet — z. B. aus einer Gummilöſung, aus Zuckerſyrup u. ſ. w. die feſten Beſtandtheile von den flüſſigen durch die Preſſe zu trennen, weil beide ein homogenes Medium von einheitlichem Aggregatzuſtand bilden.

Was nun die chemiſche Zuſammenſetzung des Protoplasma der jungen Fruchtkörper anbetrifft, ſo möchte ich zunächſt hervorheben,

dafs verfchiedene Erwägungen es mir wahrfcheinlich machen, dafs dies Protoplasma im Wefentlichen wirklich nur aus *affimilirten* Subftanzen befteht, d. h. aus Producten der progreffiven und regreffiven Stoffmetamorphofe, und dafs wenigftens von den als Rohmaterial aus der Lohe aufgenommenen Nährftoffen darin nur ganz geringfügige Spuren noch enthalten find. Diefe Annahme wird durch den Umftand nahe gelegt, dafs die Plasmodien erft nach einer längeren Periode ernährungsphyfiologifcher, d. h. affimilirender Thätigkeit von den Loheftücken, die fie umfponnen hatten, fich löfen, das Innere des Lohehaufens verlaffen, an feiner Oberfläche fich fammeln und hier zu den Protoplasmamaffen der Fruchtkörper verfchmelzen. Die Aufnahme von Nährftoffen dauerte entfchieden nur fo lange, als die noch im rein vegetativen Stadium befindlichen Plasmodiumäfte mit der Oberfläche der imbibirten Loheftückchen fich in unmittelbarer Berührung befanden. Mit der Ablöfung der Plasmodien von ihrem Subftrat hatte die Aufnahme von Nährftoffen ihr Ende erreicht, zugleich waren diefelben aber muthmafslich bereits in Affimilationsproducte übergeführt worden, fofern nicht einzelne der Nährftoffe direct als Baumaterial des Protoplasmaleibes verwerthet werden konnten. Wir gelangen zu diefem Schluffe durch die Heranziehung des allgemeinen Princips der vegetabilifchen Ernährung, dafs die Aufnahme neuer Nährftoffe bedingt werde durch den Verbrauch derfelben im Organismus. Die Aufnahme der Nährftoffe erfolgt alfo wefentlich nur, um entftandene Lücken zu fchliefsen, und wenn in den Plasmodien von Aethalium die letzten diefer Lücken ausgefüllt find, hat auch die Aufnahme diefer Nährftoffe ein Ende gefunden. Diefer Thatbeftand dürfte aber mit dem Beginn der Fruchtkörperbildung eingetreten, bei Vollendung derfelben aber nur wirkliche Stoffwechfelproducte im Protoplasma enthalten fein.

Für die Richtigkeit diefer Annahme fpricht auch eine Beobachtung. Bei Anwendung gröfster Sorgfalt und ganz reinem Protoplasma konnte nämlich in den jungen Fruchtkörpern keine Spur von Schwefelfäure, d. h. eines fchwefelfauren Salzes, aufgefunden werden,

obgleich die bekannte Reaction auf Schwefelſäure ungemein empfindlich iſt. Dieſe Thatſache iſt darum von Bedeutung, weil ſich im wäſſrigen Extract der Lohe, wie ſie auf den Höfen der Gerbereien zu finden iſt, leicht ein reicher Gehalt an Sulfaten nachweiſen läſst, wie denn auch das Göttinger Waſſer allgemein ſehr viel Gyps enthält. Wenn nun im Ernährungsproceſs der Plasmodien die leicht diffundirbaren Sulfate in das Innere derſelben eindrangen, muſsten ſie ſofort eine Reduction zu jenen ſchwefelhaltigen Atomgruppen erfahren, welche ſich an dem Aufbau der Eiweiſsmolecüle betheiligen. Damit iſt wenigſtens für die eine der als Nährſtoffe dienenden Verbindungen der Beweis geliefert, daſs ſie in den Fruchtkörpern nicht mehr im unaſſimilirten Zuſtande angetroffen wird. Ferner iſt in der Lohe eine in Waſſer lösliche Verbindung vorhanden, welche FEHLING'ſche Löſung reducirt, und die wir wohl als Traubenzucker anſehen dürfen; im Protoplasma der Fruchtkörper von Aethalium ſind dagegen niemals auch nur Spuren einer Kupferoxyd reducirenden Subſtanz nachzuweiſen. Warum ſollten wir nun die Hypotheſe machen, daſs die meiſten der übrigen Nährſtoffe ſich anders verhalten, als die Schwefelſäure und der Traubenzucker? Daſs einzelne Ausnahmen vorkommen können, ward bereits oben zugeſtanden, und liegt dieſe Annahme nahe für einzelne leicht diffundirbare Kohlenſtoffverbindungen (z. B. Eſſigſäure), welche direct und unzerſetzt die Körperſubſtanz der Plasmodien ergänzen können. Daſs Colloidſubſtanzen oder gar emulſionsartig in wäſſriger Flüſſigkeit vertheilte Körper überhaupt von den Plasmodien aufgenommen werden ſollten, erſcheint mir aus dem Grunde wenig wahrſcheinlich, weil nach PFEFFER die Hautſchicht des Protoplasma ſich weniger permeabel erweiſt als die Celluloſemembran der Pflanzenzellen.

Dieſe Betrachtungen muſsten angeſtellt werden im Hinblick auf künftig vorzunehmende Unterſuchungen über Stoffbildung und Ernährung der Plasmodien und Verſuche, die letztere künſtlich zu unterhalten. Das natürlich gegebene Ernährungsſubſtrat von *Aethalium septicum* iſt ja die Lohe; vergegenwärtigen wir uns einmal, was für

Beſtandtheile wir als chemiſche Componenten der Lohe, die für die Ernährung der Plasmodien in Betracht kommen, werden erwarten dürfen.

Die in den Gerbereien benutzte Lohe beſteht bekanntlich aus der zerkleinerten Rinde junger Eichbäume. Als dieſe Rinde von den Stämmen abgeſchält wurde, enthielt dieſelbe zahlreiche, von Protoplasma erfüllte Gewebezellen, deren Inhalt durch die ſpätere Behandlung zum Eintrocknen gebracht wurde. Auſser den wegen ihrer Unlöslichkeit wenig in Betracht kommenden Zellwänden beſteht alſo ein beträchtlicher Theil der Lohe aus getrocknetem Protoplasma und aus den im Zellſaft gelöſt geweſenen Subſtanzen. In den Gerbereien wird die Lohe mit Waſſer aufgeweicht und dann längere Zeit in Berührung mit thieriſchen Häuten in verſchloſſenen Behältern ſich ſelbſt überlaſſen. Ein geringer Theil der löslichen Subſtanzen der Häute mag hierbei in die Lohe eindringen, viel wird es nicht ſein, und Fäulniſsproducte werden ſich nicht bilden, weil die gerbſtoffhaltige Lohe entſchieden antiſeptiſch wirkt. Die in den Zellen der Lohe vorhandenen Gerbſtoffe werden bei dieſem Verfahren der Lederfabrikation faſt gänzlich verbraucht. Die nun techniſch nicht weiter nutzbare Lohe wird dann in groſsen Haufen zuſammengeſchüttet, ſie beſitzt anfangs noch die bräunlich-gelbe Farbe der friſchen Lohe, nach längerem Liegen an der Luft nimmt ſie eine dunkelbraune Färbung an; mit dem Eintreten dieſer Verfärbung läſst ſich das Auftreten zahlreicher Spaltpilze an der Oberfläche der Loheſtückchen nachweiſen.

Wenn wir nun, woran wohl kaum zu zweifeln ſein dürfte, annehmen, daſs das Protoplasma der verſchiedenſten Pflanzen zum groſsen Theil aus identiſchen, ſonſt aber wenigſtens aus phyſiologiſch gleichwerthigen Verbindungen zuſammengeſetzt iſt, ſo werden wir als Beſtandtheile der Lohe — abgeſehen von den Zellwänden — im All gemeinen die gleichen oder doch ähnliche Verbindungen zu erwarten haben, wie ſie uns im Protoplasma von Aethalium entgegengetreten ſind. In der That wird dieſe Vermuthung durch eine, wenn auch

nur wenig eingehende chemifche Unterfuchung der Lohe beftätigt. Die von mir vorgenommene und im Folgenden kurz referirte Prüfung hatte nicht den Zweck, die fämmtlichen Beftandtheile der Lohe kennen zu lernen, fondern ich wollte nur ermitteln, ob in dem wäffrigen Auszug der Lohe alle diejenigen Subftanzen in hinreichender Menge enthalten find, deren die Plasmodien von Aethalium zu ihrer Ernähnährung bedürfen, der Kohlenftoff natürlich als organifche Verbindung; beiläufig ward dann auch der Aetherextract mit unterfucht. Es ftellte fich bald heraus, dafs der wäffrige Auszug der Lohe auf jeden Fall zur Ernährung von Aethalium hinreicht, und dafs man in den Plasmodien nicht etwa ein die Wandfubftanzen der Zellen in Löfung bringendes Ferment anzunehmen braucht.

1. Excurs über einige chemische Bestandtheile der Lohe.

Es wurde zunächft Lohe unterfucht, wie fie eben aus den Gruben kommt, die ihren Gerbftoff abgegeben hatte, aber noch alle die für Aethalium in Betracht kommenden Nährftoffe enthielt. Zuvörderft fuchte ich die Frage zu entfcheiden, ob die fämmtlichen Grundftoffe der Afche von *Aethalium* in löslicher Verbindungsform in der Lohe enthalten find, alfo im wäffrigen Auszuge derfelben fich finden.

Es ward zu dem Ende eine Quantität Lohe mit Waffer ausgekocht und das wäffrige Extract bis zur Trockne eingedampft, der fchwarzbraune Rückftand wurde gepulvert und in einer Platinfchale bis zur Annahme hellgrauer Färbung geglüht, dann in zwei Portionen getheilt. Portion I wurde in verdünnter Salzfäure gelöft, wobei fich unter Aufbraufen durch CO_2 ein ftarker Geruch nach Schwefelwafferftoff entwickelte (die der glühenden Afche beigemengte Kohle hatte jedenfalls reducirend gewirkt) und von der noch vorhandenen Kohle abfiltrirt; auf Zufatz von NH_3 im Ueberfchufs entftand ein fchwarzer Niederfchlag von Schwefeleifen; daffelbe ward durch ein paar Tropfen $(NH_4)_2S$ gänzlich ausgefällt, dann vom Niederfchlage abfiltrirt. Der Niederfchlag ward in verdünnter Salzfäure gelöft und mit einigen Tropfen Salpeterfäure verfetzt, worauf Rhodankalium deutlich *Eifen*

anzeigte. Das Filtrat vom Schwefeleifen ward zur Vertreibung des Ueberfchuffes von $(NH_4)_2S$ gekocht, dann mit Effigfäure angefäuert und mit Ammoniumoxalat gefällt: der entftehende fehr ftarke Niederfchlag gab die Anwefenheit einer grofsen Menge von *Calcium* zu erkennen. Von dem Filtrat vom Calciumoxalatniederfchlage ward ein Theil mit Ammoniumhydroxyd im Ueberfchufs und dann mit Chlorammonium verfetzt: durch den entftehenden Niederfchlag ward *Magnefium* angezeigt. Der andere Theil des Filtrats ward zur Prüfung von Alkalien mit NH_3 neutralifirt, mit Ammoniumcarbonat verfetzt, worauf ein Niederfchlag von Magnefiumcarbonat entftand, dann in einer Platinfchaale zur Trockne gebracht und leicht geglüht. Der Rückftand wurde mit H_2O ausgezogen, abfiltrirt, das Filtrat eingeengt, mit Platinchlorid verfetzt, der dicke Niederfchlag von *Kalium*platinchlorid mit Alkohol ausgewafchen, endlich im alkoholifchen Filtrate *Natrium* nachgewiefen. Von Portion II der Afche ward ebenfalls ein Theil in Salzfäure gelöft, dann mit Chlorbaryum verfetzt und durch den entftehenden Niederfchlag *Schwefelfäure* nachgewiefen, die fich ebenfo bereits im wäffrigen Auszuge der Lohe *direct* nachweifen läfst. Ein anderer Theil diefer Afche ward in Salpeterfäure gelöft, die Hälfte davon mit Silbernitrat verfetzt: Niederfchlag von *Chlorfilber*; die andere Hälfte der falpeterfauren Löfung gab auf Zufatz von molybdänfaurem Ammonium den bekannten gelben Niederfchlag, welcher das Vorhandenfein von *Phosphorfäure* anzeigt.

Es waren fomit alle Grundftoffe mit Ausnahme des Kohlenftoffs (in geeigneter Form) und des Stickftoffs in dem wäffrigen Auszuge der Lohe aufgefunden worden. Um diefe beiden wichtigften Grundftoffe in organifchen Verbindungen nachzuweifen, wurde eine neue Portion Lohe mit Waffer ausgezogen und auf dem Wafferbade auf ein kleines Volumen eingedunftet, endlich mit Bleieffig gefällt. Der voluminöfe Niederfchlag wurde ausgewafchen, in Waffer aufgefchlemmt, durch Schwefelwafferftoff zerfetzt, die Löfung vom Schwefelblei abfiltrirt, auf dem Wafferbade eingeengt, und über Schwefelfäure bei Lufttemperatur zur Trockne gebracht. Es refultirte eine braune,

amorphe, glasartig durchſcheinende, ſpröde Subſtanz, welche, mit Natronkalk in einem einſeitig geſchloſſenen Röhrchen erhitzt, Ammoniak entwickelte, alſo ſicher *Stickſtoff* enthielt, und jedenfalls zum Theil aus einer peptonartigen Verbindung beſtand. Dieſe Verbindung dürſte für Aethalium nicht blos eine Quelle für den Stickſtoff, ſondern auch für Kohlenſtoff ſein.

Das Filtrat vom Bleieſſigniederſchlag ward ebenfalls durch Einleiten von Schwefelwaſſerſtoff entbleit; es reducirte FEHLING'ſche Löſung ein wenig und lieferte beim Eindunſten eine bräunliche Maſſe, in welcher zahlreiche ſarbloſe Kryſtallnadeln zur Ausbildung gelangten; eine bezügliche Prüfung gab einen reichlichen Gehalt an Calcium zu erkennen. Da ſich dieſe Nadeln, ſowie ein Theil der übrigen Subſtanz in ſiedendem 96 procentigem Alkohol löſten, ſo vermuthete ich darin Calciumacetat.

Um dieſe Vermuthung zu entſcheiden, ward eine neue Portion von wäſſrigem Loheextract mit ein wenig Phosphorſäure verſetzt der Deſtillation unterworfen; das Deſtillat reagirte deutlich ſauer, eine Probe davon, mit Silbernitrat gekocht, gab durch eine ſchwache Reduction eine ſehr geringe Menge von Ameiſenſäure zu erkennen. Der Reſt des Deſtillats ward dann zur Zerſtörung dieſer Säure bei Zimmertemperatur mit Chamäleon behandelt, der Ueberſchuſs des Chamäleons durch Indigo zerſtört, von Neuem abdeſtillirt, das wiederum ſauere Deſtillat mit Natriumcarbonat geſättigt und auf dem Waſſerbade zur Trockne eingedampft. Der Rückſtand ward mit concentrirter Schwefelſäure und Alkohol erhitzt und entwickelte dabei einen intenſiven Geruch nach Eſſigäther; jedenfalls iſt in dem organiſchen Kalkſalz des wäſſrigen Loheextractes Eſſigſäure in beträchtlicher Menge, Ameiſenſäure nur in Spuren enthalten.

Um auch auf das Vorhandenſein von Milchſäure zu prüfen, ward eine gröſsere Portion Lohe eine Zeitlang mit Waſſer gekocht, abgepreſst, die Flüſſigkeit filtrirt, auf dem Waſſerbade eingeengt, mit Bleieſſig gefällt, das Filtrat vom Bleieſſigniederſchlag durch Einleiten von Schwefelwaſſerſtoff entbleit, weiter concentrirt, mit etwas Salz-

säure versetzt und nunmehr mit Aether ausgeschüttelt. Von der erhaltenen stark sauren ätherischen Flüssigkeit ward der Aether abdestillirt, der Rückstand solange auf dem Wasserbade digerirt, bis alle flüchtigen Säuren vertrieben waren, dann mit Wasser aufgenommen, filtrirt, die saure wässrige Lösung $1\frac{1}{2}$ Stunde lang mit reinem Zinkoxyd gekocht, wieder abfiltrirt, das Filtrat eingeengt und in einem Uhrschälchen der Verdunstung überlassen. Es bildeten sich zahlreiche, aus strahlenförmig gruppirten Nadeln gebildete Sphärokrystalle eines organischen Zinksalzes, welches als *Zinklactat* gedeutet werden kann; für eine weitere Untersuchung und sichere Entscheidung der Frage würde man aber sehr grosse Quantitäten von Lohe verarbeiten müssen. Ausser diesen Sphärokrystallen krystallisirten aus der gleichen Flüssigkeit noch rechteckige Tafeln, die jedenfalls einem anderen organischen Zinksalze zugehören.

Die in der Gerberei bereits ausgenutzte Lohe ward auch auf ihren Aetherextract untersucht. Dieselbe wurde getrocknet und auf die gewöhnliche Weise im TOLLENS'schen Apparate extrahirt, sie lieferte ein durch Chlorophyllreste gelblich grün gefärbtes Extract, in welchem sich beim Erkalten krystallinische Blättchen eines Cholesterins ausschieden, welche mit Chloroform und SO_4H_2 die gleiche Farbenreaction wie Paracholesterin gaben. Bei Zimmertemperatur erstarrte die ganze Masse zu einem festen Kuchen, der wesentlich aus Fetten bestand, und beim Verbrennen auf Platinblech keine Asche hinterliess.

Mit dieser Lohe ward andere in Bezug auf ihren Aetherextract verglichen, die im Winter aus einer Kiste entnommen ward, in welcher den ganzen Sommer hindurch Plasmodien von Aethalium cultivirt worden waren; die letzten Reste dieser Plasmodien waren in Sclerotien übergegangen, die leicht aus der benutzten Loheportion entfernt werden konnten. Diese, dunkelbraun gefärbte und durch Aethalium an assimilirbaren Substanzen wohl ziemlich erschöpfte Lohe lieferte dem Augenschein nach ebensoviel Aetherextract, wie diejenige, in welcher Aethalium noch nicht vegetirt hatte, und der Aetherextract schien

auch die gleiche Zusammensetzung zu haben, nur war die Färbung schmutziger und weniger grün. Endlich ward auch der Aetherextract aus ganz frischer, ihres Gerbstoffs noch nicht beraubter Lohe entnommen, seine Quantität und Zusammensetzung unterschied sich ebenfalls nicht merklich von den beiden übrigen Sorten, nur war derselbe tief grün gefärbt und zeigte deutlich eine blutrothe Fluorescenz.

Aus diesen Thatsachen scheint hervorzugehen, dafs der Aetherextract der Lohe im Wesentlichen die gleiche Zusammensetzung hat, wie derjenige von *Aethalium septicum*, zugleich aber auch, dafs derselbe von den Plasmodien dieses Schleimpilzes nicht assimilirt wird; denn seine Quantität hatte sich in der alten Lohe nicht merklich vermindert und doch gelingt es schlecht, Aethalium darin noch weiter zu cultiviren. Es liefert daher diese Untersuchung des Aetherextractes einen instructiven Beleg für die Thatsache, dafs der protoplasmatische Zelleninhalt der Lohe die gleichen Bestandtheile enthält und enthalten kann, wie das Protoplasma von Aethalium, dafs sich aber keinerlei Anlafs zeigt für die Annahme, die in Aethalium nachgewiesenen Substanzen seien nichts als Residua von Verbindungen, die von den Plasmodien aus der Lohe aufgenommen wurden. Die Ergebnisse der Untersuchung des Aetherextractes sprechen für weiter nichts, als für eine grofse Uebereinstimmung in der chemischen Zusammensetzung des Protoplasma überhaupt, also auch desjenigen von *Aethalium* und von *Quercus*. Die als Nährstoffe für Aethalium in Betracht kommenden Bestandtheile der Lohe sind höchst wahrscheinlich nur die in Wasser löslichen, dieselben müssen wenigstens vollkommen hinreichen zur Ernährung dieses Schleimpilzes.

2. Organische Phosphorverbindungen.

a) Lecithin.

Unter Lecithin versteht man complicirt gebaute Substanzen, welche gewöhnlich aufgefafst werden als Verbindung eines basischen Körpers, des Cholin (Neurin) mit einer Glycerinphosphorsäure, in

welcher ein oder zwei Waſſerſtoffatome durch den Reſt einer höheren Fettſäure, der Stearin-, Palmitin- oder Oelſäure vertreten ſind; auch können Oel- und Palmitinſäure zuſammen in das Lecithin-Molecül eintreten. Aus dieſer Definition geht hervor, daſs es verſchiedene Lecithine giebt und geben kann, daſs dies Wort den Begriff einer kleinen chemiſchen Gruppe repräſentirt, in welcher z. B. das Stearinlecithin folgende Structurformel beſitzen würde*).

$$C_3H_5 \left\{ \begin{array}{l} O(C_{18}H_{35}O) \\ O(C_{18}H_{35}O) \\ OPO \left\{ \begin{array}{l} ON(CH_3)_3 \\ \quad | \\ OC_2H_4 \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Die Lecithine beſitzen wahrſcheinlich eine ſehr allgemeine Verbreitung in den Organismen, in den Pflanzenzellen als Beſtandtheile des Protoplasma, im Thierkörper hauptſächlich auf das Nervenſyſtem beſchränkt, in der Muskulatur wenigſtens nicht ſicher nachgewieſen, wohl aber im Protoplasma der Blutkörperchen, von Eizellen, Spermatozoiden. Ob die eine oder andere Art von Lecithin vorliegt, iſt phyſiologiſch gewiſs von untergeordneter Bedeutung, und dürfte für das in Pflanzenzellen nachweisbare Lecithin wegen der ſtets geringen Quantität desſelben ſich nur ſchwierig feſtſtellen laſſen.

Wahrſcheinlich iſt das Lecithin im Protoplasma von Aethalium vorwiegend im unlöslichen Zuſtande an die Gerüſtſubſtanz gebunden.

Es iſt leicht löslich in Fetten; es iſt aber auch quellbar mit Waſſer.

Die Lecithine ſind leicht zerſetzlich, ſie zerfallen in Cholin und Glycerinphosphorſäure und vermögen bei künſtlichen Zerſetzungen auch Fettſäuren, z. B. Oelſäure, abzuſpalten. Danach iſt es wohl möglich, daſs im lebenden Organismus die Oelſäure durch Zerſetzung des Lecithins entſteht. Wie aber das Lecithin-Molecül ſelbſt in der progreſſiven Stoffmetamorphoſe ſich entwickelt, darüber iſt nichts bekannt; daſs Lecithine aus Fetten entſtehen ſollten, hält HOPPE-SEYLER für

*) GORUP-BESANEZ, Lehrbuch der phyſiologiſchen Chemie, 4. Aufl. S. 181.

unwahrscheinlich, weil sehr häufig Lecithine in Organen auftreten, in denen Fette zu keiner Zeit ihrer Entwicklung gefunden werden, z. B. in den rothen Blutkörperchen. Andererseits dürfte es aber auch sehr fraglich erscheinen, ob Lecithin als die einzige Ursprungsstätte der höheren Fettsäuren anzusehen sei, weil dann der Nachweis von Lecithin in allen fettbildenden Geweben, z. B. in sich verfettenden Muskelfasern, gelingen müsste. Die geringe Menge von Lecithin in den Aetherextracten fetthaltiger Pflanzentheile ist allerdings für die Beantwortung dieser Fragen bedeutungslos, denn wenn das Lecithin wirklich gleichsam das Werkzeug der Fettbildung darstellte, so würde eine gesteigerte Fettanhäufung als der Ausdruck einer beschleunigten Zersetzung und Neubildung des in geringer Menge vorhandenen Lecithins gedeutet werden können. Als unmöglich darf auch der Gedanke nicht zurückgewiesen werden, dass Lecithin durch Spaltung eines phosphorhaltigen Eiweisskörpers entstehe, ein Gedanke, für welchen die künstliche Eiweisszersetzung bislang allerdings keinen Anhalt gewährt, der aber, wenn er sich bestätigen sollte, uns die Eiweisskörper noch complicirter erscheinen lassen würde, als wir bisher glaubten. Wenn aber Lecithin nicht durch Zersetzung von Eiweiss entsteht, dann würde es unzweifelhaft als das Endproduct einer besonderen Reihe der constructiven Stoffmetamorphose anzusehen sein, welche parallel neben der Bildung der Eiweisskörper herläuft, wobei allerdings nicht ausgeschlossen, sondern sogar wahrscheinlich ist, dass ein Zerfallproduct von Eiweiss den Anfang des sich bildenden Lecithin-Molecüls darstellt.

Ueber die physiologische Bedeutung des Lecithins im Organismus wissen wir Nichts, sein reichliches Vorkommen im thierischen Nervenapparat und sein verbreitetes Auftreten im Protoplasma niederer Organismen und pathologischer Neubildungen giebt Anregung zu der Frage, ob das Lecithin nicht mit den als Irritabilität und Sensibilität bezeichneten Eigenschaften der lebenden Materie im Zusammenhange stehe.

b) Nuclein.

Empirifche Formel $C_{29}H_{49}N_{9}P_{3}O_{22}$ (?).

Das Nuclein ift eine noch in mehrfacher Hinficht etwas fragwürdige Subftanz, die jedenfalls fehr fchwierig rein zu erhalten ift, und deren Nachweis fich hauptfächlich auf feine Löslichkeit in verdünnten Alkalien und Unlöslichkeit in verdünnter Salzfäure gründet. Dadurch ift das Lecithin von den Eiweifsftoffen wenigftens theilweife zu trennen; auch wird es von Verdauungsflüffigkeit nicht angegriffen*).

Obwohl das Nuclein nicht mit völliger Sicherheit, die nur durch die Elementaranalyfe gewährt werden kann, im Protoplasma von Aethalium nachgewiefen wurde, fo mag es hier doch Erwähnung finden, da es wahrfcheinlich zu den allgemeiner verbreiteten Subftanzen der Organismen gehört**), Dafür jedoch, dafs das Nuclein nur ein fpecififcher Beftandtheil der Zellkerne fei, ift ein entfcheidender Beweis bis jetzt keineswegs erbracht worden***).

Ueber die Entftehung, Zerfetzung und phyfiologifche Bedeutung des Nucleins in dem Protoplasma oder in den Zellkernen ift nichts bekannt. Vielleicht fteht das Nuclein in Beziehung zur Bildung des Lecithins.

3. Eiweissstoffe und Fermente.

Wir wollen in der folgenden Betrachtung den Begriff der Eiweifsftoffe in feinem weiteften Sinne faffen, indem wir dahin einmal diejenigen in *Aethalium* nachgewiefenen Verbindungen rechnen, welche Jedermann Eiweifskörper nennen würde, fodann das Plaftin, welches durch feinen geringeren Procentgehalt an Stickftoff abweicht und daher vielleicht die foeben behandelten organifchen Phosphorverbindungen

---

*) MALY, Chemie der Verdauungsfäfte und der Verdauung. S. 105.

**) O. LOEW ift geneigt, das von HOPPE-SEYLER für die Hefezellen angegebene Nuclein als eine Albumin-Phosphorfäure aufzufaffen, (vgl. PFLÜGER's Archiv 1880, Bd. 22 S. 67).

***) Die neuerdings von ZACHARIAS (Bot. Zeit. 1881 Nr. 11) mitgetheilte Thatfache, dafs die tingirbare Subftanz vegetabilifcher Zellkerne von Verdauungsflüffigkeit nicht angegriffen wird, macht es allerdings wahrfcheinlich, dafs diefelbe aus Nuclein befteht.

mit den eigentlichen Eiweifsftoffen in Verbindung bringt und endlich die in *Aethalium* beobachteten Peptone.

Man hat die Eiweifsftoffe im Protoplasma ftets als die eigentlichen Träger der Lebensverrichtungen angefehen, man hat die Anfchauung freilich mehr aus dogmatifchem Vorurtheil, als aus einer auf beweifende Verfuche fich ftützenden Erfahrung gefchöpft. Die Eiweifsftoffe find ihrer chemifchen Conftitution nach noch unaufgeklärt, das machte fie befonders geeignet, jenen räthfelhaften Proceffen ausfchliefslich als Unterlage zu dienen, die wir als Leben zufammenzufaffen gewohnt find. Dafs freilich Eiweifsftoffe allein ausreichen follten, um lebendiges Protoplasma zu bilden, dürfte eine nicht mehr haltbare Vorftellung fein, dagegen unterliegt es keinem Zweifel, dafs, wo immer Leben zu Stande kommen foll, auch Eiweifsftoffe dabei mitwirken müffen, und mancherlei Thatfachen machen es nicht unwahrlich, dafs grade diefen Verbindungen durch die Complicirtheit ihrer Molecüle die hervorragendfte Rolle unter den Lebensträgern im Protoplasma zufällt. Unzweifelhaft aber erheifchen jene Stoffbewegungen, die das Leben ausmachen, auch die Mitwirkung anderer Subftanzen als der Eiweifsftoffe in jenem feingefügten Mechanismus, den wir Protoplasma nennen, auch fcheint häufig in lebensthätigen Zellen die Quantität an Eiweifsftoffen beträchtlich geringer zu fein, als man bisher meift angenommen hat; will man das Plaftin und die Peptone von den Eiweifskörpern ausfchliefsen, fo würden in der Trockenfubftanz des Protoplasma von *Aethalium* kaum mehr als 6 pCt. Eiweifsftoffe vorhanden fein.

Immerhin müffen wir die Eiweifskörper als eigentlich conftituirende Beftandtheile des Protoplasma anfehen, fie bilden den Gipfel, das Endglied in der Hauptreihe der progreffiven Stoffmetamorphofe, denn ihre Molecüle find unzweifelhaft die gröfsten und an potentieller Energie reichften, welche im Protoplasma vorkommen. Daher dürfen wir auch bei allen anderen im Protoplasma gefundenen Subftanzen die Frage aufwerfen, ob diefelben etwa als Spaltungsproducte von Eiweifskörpern gedeutet werden können.

Leider befitzen wir über die Conftitution eines Eiweifsmolecüls, wie fchon angedeutet wurde, nur Speculationen und Hypothefen. Immerhin find auch folche fpeculativen Erörterungen als keineswegs werthlos anzuerkennen, denn man kann die Löfung eines Problems dadurch allerdings vorbereiten helfen, dafs man daffelbe befpricht. Als thatfächlich darf es wohl angefehen werden, dafs in den Eiweifsftoffen vertretbare Wafferftoffatome vorhanden sind, die ihren Platz den Atomen des Kaliums und Natriums, wahrfcheinlich auch des Magnefiums und Calciums einzuräumen vermögen, wodurch die Eiweifsftoffe zu fogenannten *Albuminaten* werden; neuerdings ift es auch gelungen, in Eiweifsmolecülen mehrere H durch Br zu erfetzen*). Unter den phyfiologifchen Chemikern fcheint gegenwärtig die Vorftellung am meiften verbreitet zu fein, dafs im Eiweifsmolecül wenigftens ein Kohlenhydrat, mehrere Amidgruppen und wahrfcheinlich auch Fettfäureradicale fowie eine aromatifche Gruppe enthalten find; der Anfang der regreffiven Stoffmetamorphofe befteht dann in einem Zerfall der Eiweifsmolecüle in diefe hauptfächlichften Componenten. Eine wefentlich andere Vorftellung über die Conftitution eines Eiweifskörpers ift kürzlich durch OSCAR LOEW**) entwickelt worden. LOEW fieht die Eiweifsftoffe ebenfo wie den Zucker als das Condenfationsproduct eines relativ einfachen Körpers an und meint, die bei ihrer Spaltung freiwerdenden Amide und Amidofäuren feien nicht urfprüngliche Conftituenten der Proteinftoffe, fondern müfsten als das Refultat beträchtlicher Atomverfchiebungen angefehen werden. Für die primäre einfache Atomgruppe, welche zur Eiweifsbildung dient, hält LOEW den *Formaldehyd* CHOH, der z. B. aus der Effigfäure durch Oxydation gebildet werden könne. Vier Gruppen CHOH müffen dann mit einer Gruppe NH_3 zufammentreten, um einen Körper zu bilden, aus welchem durch weitere Condenfation Eiweifs zu entftehen vermag;

*) Vgl. KNOP, chem. Centralblatt, S. 571. 1879.

**) O. LOEW, Eine Hypothefe über die Bildung des Albumins, PFLÜGER'S Archiv, XXII, S. 503.

dieser Körper läſst ſich als das Aldehyd der Asparaginſäure betrachten nach den drei folgenden Gleichungen:

$$\text{I.}\quad 4CHOH + H_3N = \begin{matrix} H_2N\,.\,CH\,.\,COH \\ | \\ CH_2\,.\,COH. \end{matrix} + 2H_2O$$

$$\text{II.}\quad 3\left\{\begin{matrix} H_2N\,.\,CH\,.\,COH \\ | \\ CH_2\,.\,COH \end{matrix}\right\} = C_{12}H_{17}N_3O_4 + 2H_2O$$

endlich

$$\text{III.}\quad 6(C_{12}H_{17}N_3O_4) + 6H_2 + H_2S = C_{72}H_{112}N_{18}SO_{22} + 2H_2O.$$

Der auf der rechten Seite von Gleichung III ſtehende Ausdruck könnte als einfachſte Form eines Eiweiſsſtoffes angeſehen werden, etwa eines Peptons, aus welchem dann durch Polymeriſirung ſich Albuminatome aufzubauen vermöchten.

So elegant unzweifelhaft die Entwicklung LOEW's ſich darſtellt, ſo iſt doch nicht zu leugnen, daſs die groſse Mannigfaltigkeit der Zerſetzungsproducte, die man bei der Behandlung eines Eiweiſskörpers mit Baryumhydroxyd, oder mit Säuren, oder bei der Fäulniſs erhält, die Annahme ſo zahlreicher und complicirter Atomverſchiebungen nothwendig machen würden, daſs ich für meine Perſon nicht umhin kann, noch an der älteren Auffaſſung feſtzuhalten. Namentlich beſtimmt mich hierzu das conſtante Auftreten von Tyroſin bei allen künſtlichen Eiweiſszerſetzungen, und möchte ich glauben, daſs die in dieſer Verbindung enthaltene Benzolgruppe zu den im Eiweiſsmolecül präformirt enthaltenen gehöre.

Iſt dies der Fall, ſo würden die Eiweiſskörper in gewiſſem Sinne der aromatiſchen Reihe zugerechnet werden müſſen, wenn auch die im Molecül enthaltenen aromatiſchen Gruppen der Quantität nach weit gegen die übrigen Gruppen zurücktreten. Man könnte ſich vorſtellen, daſs dem Eiweiſsmolecül ein der Subſtanzmenge nach dünnes Gerüſt von Benzolkernen zu Grunde liegt, die man ſich etwa wie im Anthracen und Phenanthren mit einander verankert denken kann, und daſs an deren freie Affinitäten ſich complicirte ſtickſtoffhaltige

und stickstofffreie Atomgruppen anhängen, um bei der Zersetzung eines solchen Molecüls sich abzuspalten; bei einer tiefer gehenden Zersetzung würden dann auch einzelne Benzolkerne mit losgerissen, die uns im Tyrosin und vielleicht in den Harzen der Pflanzenzellen entgegentreten. Weit entfernt aber, in diesem Gedanken eine wissenschaftliche Hypothese über die Constitution der Eiweisskörper aufstellen zu wollen, habe ich nur anzudeuten versucht, dass auf diesem Gebiete einer unbegränzten Speculation die Thüren geöffnet sind.

Was ferner die Classification der verschiedenen in Pflanzen vorkommenden Eiweissstoffe anlangt, so besitzen wir zwei systematische Eintheilungen, welche Beachtung verdienen, die eine ist von RITTHAUSEN*), die andere von HOPPE-SEYLER**) aufgestellt. Die Eintheilung von HOPPE-SEYLER besitzt vor derjenigen RITTHAUSEN'S den unleugbaren Vorzug, dass sie gleichzeitig die Eiweissstoffe des thierischen und des Pflanzenkörpers berücksichtigt, während RITTHAUSEN sich einseitig auf die aus Pflanzentheilen gewonnenen Eiweisskörper beschränkt; aber gerade die Physiologie des Protoplasma deutet darauf hin, dass in lebensthätigen thierischen und vegetabilischen Zellen voraussichtlich auch die gleichen oder analog gebildete Eiweissstoffe enthalten sind. Weiterhin fällt bei der zwischen RITTHAUSEN und HOPPE-SEYLER bestehenden Differenz zu Gunsten des letzteren Forschers der Umstand ins Gewicht, dass sich derselbe indifferenterer Extractionsmittel gerade für die wichtigsten Eiweissstoffe bedient, und dass es WEYL gelungen ist, diese Stoffe weiter zu zerlegen (Vitellin und Myosin) als RITTHAUSEN (Conglutin), wenn auch der letztere den Nachweis geführt hat***), dass die mit Alkalimetall-Chloriden extrahirten Eiweissstoffe nicht wesentlich verschieden sind von denjenigen, welche man durch die Hydrate derselben Metalle auszieht; im letzteren Falle treten die Eiweisskörper wie Säuren an

*) Vgl. z. B. SACHSSE, die Eiweisskörper, Kohlenhydrate und Farbstoffe. S. 265 ff.

**) HOPPE-SEYLER, Handbuch der physiol. chem. Analyse, S. 229 und WEYL, Beiträge zur Kenntnis thierischer und pflanzlicher Eiweisskörper in Zeitschr. für physiol. Chemie, Band I, S. 72.

***) Vgl. RITTHAUSEN in PFLÜGER'S Archiv XXI, S. 81 ff.

das Metall und laffen fich unzerfetzt wieder abfcheiden. Zu einem ähnlichen Ergebnis war bereits früher BARBIERI*) gelangt.

Endlich fei noch des üblichen Verfahrens zur quantitativen Beftimmung der Eiweifsftoffe in Pflanzen gedacht. Früher legte man hierbei einfach die durch Elementaranalyfe in der Trockenfubftanz gefundene Stickftoffmenge zu Grunde, und weil im Albumin 16 pCt. Stickftoff enthalten find, fo multiplicirte man den gefundenen Stickftoff mit dem Factor 6,25 und glaubte in dem Product den Gehalt an Eiweifsftoffen ermittelt zu haben. Neuerdings ift man infofern vorfichtiger geworden, als man fich bemüht, eine Reihe N haltiger löslicher Verbindungen (Amide u. f. w.) von diefem Multiplications exempel auszufchliefsen. Ferner hat RITTHAUSEN nachgewiefen, dafs ein in Pflanzen offenbar fehr verbreiteter Eiweifsftoff, das Conglutin, (welches nach RITTHAUSEN mit dem Pflanzen-Vitellin von HOPPE-SEYLER und WEYL identifch ift) 18 pCt. Stickftoff enthält, und dafs man den durch Verbrennung beftimmten Stickftoff daher mit 5,5 multipliciren müffe, um ihn auf Conglutin zu berechnen. RITTHAUSEN fchlägt deshalb vor, bei Durchfchnittsbeftimmungen den Factor 6,25 durch 6,0 zu erfetzen**). Wenn nun aber gar im Plaftin, welches weitaus den gröfsten Theil der Eiweifsftoffe im Protoplasma von *Aethalium* ausmacht, nur 12 pCt. Stickftoff enthalten find — und felbft wenn durch weitere Unterfuchungen ein noch reineres Plaftinpräparat hergeftellt werden follte, als es bis jetzt erhalten worden ift, fo würde doch der Stickftoffgehalt fchwerlich bedeutend höher ausfallen, — verliert jenes Verfahren, mit einem Durchfchnittscoefficienten zu multipliciren, eigentlich jede Bedeutung. Um eine auch nur angenäherte Beftimmung der Eiweifsftoffe ausführen zu können, wird man diefelben nach ihren Löslichkeitsverhältniffen trennen und alsdann jeden einzeln beftimmen müffen.

Es fchien mir nicht unzweckmäfsig, diefe allgemeinen Bemerkungen über Eiweifsftoffe vorauszufchicken, weil man in den chemi-

---

*) Journal f. prakt. Chemie 1879. S. 102.

**) Vgl. RITTHAUSEN in PFLÜGER's Archiv l. c, S. 103.

fchen Lehrbüchern fich über die angedeuteten Punkte meiftens vergeblich zu orientiren fucht.

a) *Die Globuline.*

Nachdem zuerft WEYL die Methode HOPPE-SEYLER'S zur Unterfuchung der Eiweifskörper im Pflanzenfamen angewandt hatte, find neuerdings ausgedehntere Unterfuchungen über die Eiweifskörper in den Proteinkörnern der Samen durch VINES*) ausgeführt worden, welcher zu dem gleichen Refultat, wie WEYL, gelangte, dafs nämlich Globuline in den Saamen neben einem unlöslichen Eiweifskörper enthalten find. WEYL unterfchied diefe Globulinfubftanzen nach ihrem Verhalten gegen concentrirte Chlornatriumlöfung in *Pflanzen-Myofin* und *Pflanzen-Vitellin.* Gewifs find alle bisherigen Unterfcheidungen von Eiweifsftoffen nur als proviforifche anzufehen, vermuthlich werden die jetzt als Speciesnamen verwandten Ausdrücke Myofin, Vitellin u. f. w. fpäter einmal zu Gattungsnamen avanciren, wie es ja auch mit Zucker, Dextrin u. a. gefchehen ift. Für den phyfiologifchen Standpunkt befitzen weitere Unterfcheidungen vor der Hand nur untergeordnetes Intereffe, wenn auch auf die angedeutete Thatfache durch den Umftand hingewiefen wird, dafs in verfchiedenen Pflanzen die Producte des normalen Eiweifszerfalls in einem quantitativ verfchiedenen Verhältnifs zu einander ftehen. Wir wollen daher für die im Protoplasma von *Aethalium* gefundenen Globuline die Bezeichnungen Vitellin und Myofin von dem foeben bezeichneten Gefichtspunkte aus zur Anwendung bringen.

Von dem Globulingemenge in *Aethalium* macht nach meiner Schätzung das Vitellin etwa 0,9, das Myofin 0,1 Theil aus. Beide find im Enchylema vollftändig gelöft, denn nach dem Auspreffen deffelben laffen fich aus der Gerüftfubftanz durch 10 procentige Kochfalzlöfung keine Globuline mehr extrahiren. Als Löfungsmittel im Enchylema kommt jedenfalls das darin enthaltene Chlornatrium in

*) VINES, On the Proteid substances contained in the seeds of plants. The Journal of Physiology. Vol. III, No. 2.

Betracht, wahrſcheinlich aber auch noch andere Subſtanzen. Wegen ihrer Löslichkeit liegt die Annahme nahe, daſs die Globuline derjenige Theil der Eiweifsſtoffe im Prototoplasma ſind, welche in der regreſſiven Stoffmetamorphoſe, z. B. beim Athmungsproceſs, eine Zerſtörung erfahren, doch bedarf es in dieſer Richtung eingehender Unterſuchungen.

Ebenſo iſt es von Wichtigkeit, feſtzuſtellen, ob die beiden in *Aethalium* nachgewieſenen Globuline in jedem lebensthätigen Protoplasma enthalten ſind, ich für meine Perſon möchte daran nicht zweifeln.

b) Pepton.

Auch das in neuerer Zeit immermehr als Beſtandtheil jeder lebensthätigen Pflanzenzelle nachgewieſene Pepton bedeutet ſicher einen Gattungsbegriff. Da die Peptone durch Zertrümmerung von Eiweiſsmolecülen entſtehen und durch Aggregation ſich wieder zu Eiweiſsmolecülen aneinanderfügen können, ſo iſt ſchon anzunehmen, daſs verſchiedenen Eiweiſsarten verſchiedene Peptone entſprechen; auch hat man ja nach ihrem Verhalten bereits mehrere Peptone unterſchieden. In Bezug auf *Aethalium* möge der Begriff Pepton auch im weiteſten Sinne gefaſst werden und eine Verbindung, beziehungsweiſe eine Gruppe von Verbindungen bezeichnen, welche von den Eiweiſskörpern im engeren Sinne ſich nur durch ihre Nichtgerinnbarkeit und Nichtfällbarkeit beim Kochen unterſcheiden*), auſserdem ziemlich leicht durch Pergamentpapier diffundiren.

Das im vegetabiliſchen Protoplasma enthaltene Pepton wird man nach dem gegenwärtigen Stande unſerer Anſchauungen bereits als das erſte Glied in der regreſſiven Metamorphoſe der Eiweiſskörper anſehen können.

c) Plaſtin.

In der Gerüſtſubſtanz des Protoplasma reſtirt nach dem Aus-

*) Vgl. hierzu MALY, Chemie der Verdauungsſäfte und der Verdauung in HERMANN'S Handbuch der Phyſiologie. V. 1. S. 102. 1880.

pressen des Enchylema nebst den darin gelösten Globulinen noch ein Eiweifsstoff, der sich als unlöslich sowohl in sehr verdünnten Alkalien und Säuren als auch in einer 10 procentigen Lösung von Chlornatrium erweist. Reinigt man diese Substanz von anderweitigen Beimengungen in der gleichen Weise, wie RITTHAUSEN seine Eiweifspräparate gereinigt hat, so bleibt nach dem Trocknen eine bräunliche, amorphe Masse übrig, die beim Zerreiben im Mörser ein lehmfarbenes Pulver liefert. Dieser Eiweifsstoff ist im Protoplasma von *Aethalium* sicher nicht im gelösten Zustande, sondern als unlösliche plastische Substanz vorhanden, und da auf einen solchen Eiweifsstoff, der aus dem in Zellwände eingeschlossenen Protoplasma höherer Pflanzen allerdings schwierig zu isoliren sein wurde, der Begriff keiner der bisher unterschiedenen Eiweifsarten genau pafst, so habe ich denselben als *Plastin* bezeichnet. Im System von HOPPE-SEYLER stellen die Fibrine unlösliche Eiweifsstoffe dar; an sie würde daher in dieser Hinsicht das Plastin zunächst anzuschliefsen sein. Allein das bisher gewonnene Präparat des Plastin weicht von anderen Eiweifsstoffen durch nur 12 pCt. Stickstoff und durch einen Gehalt an Phosphor ab. Die weitere Untersuchung wird zu entscheiden haben, ob dieser Phosphor (das Plastin war beinahe aschenfrei) auf eine Verunreinigung durch Nuclein zurückgeführt werden kann, oder ob, was mir das Wahrscheinlichere ist, das Plastin eine Verbindung eines Eiweifsstoffes mit Phosphor vorstellt.

Der Quantität nach überwiegt das Plastin alle übrigen verbrennlichen Bestandtheile im Protoplasma von *Aethalium septicum;* ich möchte kaum daran zweifeln, dafs dasselbe auch im Protoplasma höherer Pflanzen einen hervorragenden und allgemein verbreiteten, constituirenden Bestandtheil ausmacht, und hoffe, darüber bald weitere Aufschlüsse geben zu können. Wahrscheinlich werden auch weitere Untersuchungen herausstellen, dafs das Plastin der wichtigste Bestand theil des Protoplasma ist; ich zweifle nicht daran, dafs in *Aethalium* das Plastin der Träger der Contractilitätsvorgänge ist, vielleicht auch Träger der Reizbarkeit, somit Functionen versieht, die im höheren

Thierkörper an Muskeln und Nerven geknüpft ſind. Denn eine Flüſſigkeit, wie das Enchylema, kann nicht contractil ſein, und die übrigen Stoffe der Gerüſtſubſtanz, wie feſte Fettſäuren, Lecithin, Choleſterin, Harz u. ſ. w. dürfte ſchwerlich Jemand für contractil erklären wollen. Ich glaube aber auch, daſs das Plaſtin ſich nicht ganz unzerſetzt aus dem lebenden Protoplasma abſcheiden läſst, denn ſchon bei Behandlung mit kalter einprocentiger Salzſäure nimmt es eine dunklere Färbung an, welche ſich auch nach dem vollſtändigen Auswaſchen mit Waſſer Alkohol und Aether nicht wieder verliert. Solche Färbung iſt aber meiſtens für die Beſtandtheile der Pflanzenzellen die Andeutung einer Oxydation, es ſcheint hiernach das Plaſtin ſehr leicht eine Verbindung mit Sauerſtoff einzugehen.

Zur Rechtfertigung des Namens ſei noch bemerkt, daſs derſelbe die plaſtiſch weiche Beſchaffenheit der Subſtanz ausdrücken und zugleich an das Protoplasma erinnern ſoll. Bei dieſer Gelegenheit mag darauf hingewieſen ſein, daſs bereits früher durch HANSTEIN der von ihm als Bildner des Protoplasma hypothetiſch angenommene Eiweiſsſtoff mit dem Namen *Protoplaſtin* belegt worden iſt. Ich würde auch dieſen Namen ganz gerne benutzt haben, wenn nicht nach den vorliegenden Aeuſserungen HANSTEIN'S ſein Protoplaſtin begrifflich etwas weſentlich anderes bedeutete, als das Plaſtin. Die bezüglichen Aeuſserungen HANSTEIN'S ſind bereits oben (S. 89) mitgetheilt worden und mögen dort nachgeſehen werden.

d) Pepſin.

Nachdem ein peptiſches Ferment (Enzym) durch GORUP-BESANEZ auch im Pflanzenreiche aufgefunden war, verdient der von KRUKENBERG*) erbrachte Nachweis deſſelben im Protoplasma von *Aethalium* beſonderes Intereſſe.

Die Unterſuchungen KRUKENBERG'S ergaben, daſs das mit Glycerin extrahirte Ferment an ſich kein Fibrin zu peptoniſiren vermochte,

*) KRUKENBERG, Ueber ein peptiſches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten u. ſ. w. Unterſ. a. d. Phyſiol. Inſt. d. Univ. Heidelberg 1878. II. S. 273.

wohl aber in Verbindung mit ganz verdünnten Säuren, wie Salzſäure, Milchſäure, Eſſigſäure, Weinſäure, Oxalſäure, (0,5 pCt.), Salicylſäure; eine ſtärkere Oxalſäure wirkte dagegen zerſtörend auf das Ferment. Ebenſo macht eine zweiſtündige Erwärmung auf 65° das Aethalium-Pepſin unwirkſam.

Da nur in ſaurer Löſung das Aethalium-Pepſin Eiweiſsſtoffe zu peptoniſiren vermag, ſo iſt die Function deſſelben in dem ſtets alkaliſch reagirenden Protoplasma vollſtändig dunkel.

Auch in chemiſcher Hinſicht iſt über das Pepſin noch wenig auszuſagen. Bekanntlich ſtehen ſich in der phyſiologiſchen Chemie zwei Anſchauungen gegenüber, von denen die eine das Pepſin, wie andere Fermente, für ein ſelbſtändiges chemiſches Individuum hält, während die andere daſſelbe nur als den Ausdruck, gleichſam die Perſonification, gewiſſer mechaniſch-chemiſcher Wirkungen einzelner, auf beſondere Art ſchwingender Atomgruppen in Eiweiſsmolecülen glaubt auffaſſen zu ſollen. Rein iſt ja das Pepſin bislang nicht dargeſtellt worden; »es iſt nur der Ausdruck für ein *Etwas*, das man als Urſache wichtiger . . . Wirkungen betrachtet«. (MALY).

4. Farbstoffe.

Der gelbe nicht kryſtalliniſch erhaltene Farbſtoff iſt chemiſch bis jetzt nicht unterſucht worden, obgleich man ihn wohl auf ähnliche Weiſe, wie es in neuerer Zeit mit dem Chlorophyll geſchehen iſt, ziemlich rein würde gewinnen können. Ebenſo wenig wurde auf die Entſtehungsweiſe des in den Sporen enthaltenen dunkelvioletten Farbſtoffes eingegangen, der aus einem in Waſſer löslichen, urſprünglich farbloſen Chromogen hervorzugehen ſcheint.

5. Stickstoffhaltige Spaltungsprodukte der Eiweisskörper.

Wenn wir in den Eiweiſskörpern die wichtigſten Endglieder der progreſſiven Stoffmetamorphoſe des thieriſchen und pflanzlichen Protoplasma zu ſehen glauben, ſo werden eine Reihe von ſtickſtoffhaltigen Verbindungen des Thier- und Pflanzenkörpers als Producte des Zer-

falls der Eiweifsstoffe in der regreffiven Metamorphofe betrachtet. Die Veranlaffung zu diefer Auffaffung wird theils dadurch geboten, dafs man manche diefer Subftanzen bei der künftlichen Zerfetzung der Eiweifsstoffe entftehen fieht, theils dadurch, dafs diefelben oder andere im Organismus gebildet werden, während gleichzeitig der Beftand an Eiweifsstoffen fich verringert. Man liebt es, diefe Verbindungen in einer Reihe zu ordnen, in welcher fie nach der Gröfse des Moleculargewichts auf einander folgen, wobei man annimmt, dafs die Verbindungen mit geringftem Moleculargewicht und geringftem Kohlenftoffgehalt die Endglieder diefer Reihe der regreffiven Stoffmetamorphofe feien.

Es ift nicht unwahrfcheinlich, dafs in der vorliegenden Unterfuchung wegen des zu geringen und nicht günftigen Materials uns einige hierher gehörige Verbindungen entgangen find, die vielleicht immer normal im Protoplasma, wenn auch nur in geringer Menge und vorübergehend gebildet werden; es gilt dies in erfter Reihe vom Tyrofin, vielleicht auch vom Leucin. Von phyfiologifcher Wichtigkeit ift aber die Thatfache, dafs eine ganze Anzahl hierher gehöriger Subftanzen im Protoplasma von Aethalium nachgewiefen werden konnte. Vielleicht mufs fchon das Pepton als ein folches, im Laufe des normalen Vegetationsproceffes aus dem Vitellin entftandenes Spaltungsproduct betrachtet werden, daffelbe fteht jedoch in feinen Eigenfchaften den echten Eiweifskörpern noch fo nahe, dafs wir es im Zufammenhang mit diefen abgehandelt haben. Als ein muthmafsliches Product tiefer gehender Zerfetzung der urfprünglich als Vitellin vorhandenen Subftanz müffen wir denjenigen Körper betrachten, den wir oben (S. 31) als

a) Peptonoide Subftanz

unterfchieden haben. Diefe Subftanz, welche nicht von anderen Beimengungen völlig ifolirt erhalten werden konnte, von welcher es auch dahin geftellt fein mag, ob fie ein chemifches Individiuum oder ein Gemenge von einander nahe ftehenden Verbindungen ausmacht,

characterifirt fich durch ihr Diffufionsvermögen, durch ihre Löslichkeit in Alkohol, ihre Nichtfällbarkeit durch Bleieffig. Sie ift ferner ausgezeichnet durch einen eigenthümlichen Geruch und Gefchmack, der ebenfo fehr an frifche Brodrinde wie an LIEBIG'fchen Fleifchextract erinnert. Es dürfte kaum zweifelhaft fein, dafs eben diefe Subftanz einen nicht unbeträchtlichen Beftandtheil des Fleifchextractes bildet, dafs fie aber auch im Extracte jedes frifchen Pflanzentheiles enthalten ift. So befitzt der aus manchen Pilzen, z. B. *Boletus edulis*, gewonnene wäffrige, mit Bleieffig ausgefällte und dann eingedickte Extract beinahe ganz den Gefchmack des Fleifchextractes. Auch E. SCHULZE*) bemerkt, dafs er bei der Verarbeitung des alkoholifchen Extractes aus Lupinenkeimlingen nach dem Auskryftallifiren der Amidofäuren eine braune, dickflüffige Mutterlauge übrig behalten habe, welche reich an Stickftoff war und den Geruch des Fleifchextractes befafs. Eine andere Frage aber ift es, ob diefes Peptonoid im Protoplasma der lebenden Zelle präformirt enthalten ift, oder ob es erft durch den Procefs des Siedens und Eindampfens aus anderen Subftanzen entfteht, vielleicht unter Aufnahme von Sauerftoff. Unter Hinweis auf diefen Umftand möge das Peptonoid einem eingehenderen phyfiologifch-chemifchen Studium empfohlen fein.

b) *Verbindungen der Sarkingruppe.*

Guanin	$C_5H_5N_5O$
Sarkin (Hypoxanthin) . .	$C_5H_4N_4O$
Xanthin	$C_5H_4N_4O_2$

Diefe Verbindungen, welche bis vor Kurzem nur als intereffante und wahrfcheinlich wichtige Glieder der regreffiven Stoffmetamorphofe des Thierkörpers galten, haben, feitdem fie durch SCHÜTZENBERGER in der Hefe entdeckt wurden, auch für die Pflanzenphyfiologie ein hohes Intereffe gewonnen. Es bleibt eine wichtige Aufgabe der vergleichenden phyfiologifchen Chemie, feftzuftellen ob ihre Verbreitung

*) E. SCHULZE, Ueber den Eiweifsumfatz im Pflanzenorganismus. Landw. Jahrb. 1880. S. 696.

im Pflanzenreich eine allgemeine ift, oder ob fie, wofür einige eigene Beobachtungen zu fprechen fcheinen, nicht in jeder Pflanze gebildet werden*).

In phyfiologifcher Hinficht können die drei hierher gehörigen, im Protoplasma von Aethalium nachgewiefenen Verbindungen vorläufig einander gleich gefetzt werden. Ueber die Formen und den Zuftand, in welchem fie im lebenden Protoplasma enthalten find, ift bislang nichts ficheres ermittelt worden. Es ift nicht unwahrfcheinlich, dafs fie ganz oder theilweife im alkalifch reagirenden Enchylema gelöft find, es ift aber auch nicht undenkbar, dafs fie theilweife wenigftens im feften Zuftand an der Gerüftfubftanz haften, vielleicht als Kalkverbindungen, wie auch KÜHNE und SEWALL**) in zahlreichen Organen von Fifchen Guaninkalk abgelagert gefunden haben.

Was ihre Abftammung anbetrifft, fo kann man fich vorftellen, dafs das Sarkin aus dem Guanin, das Xanthin aus dem Sarkin entftehe; das Guanin felbft und damit indirekt auch die beiden anderen Glieder find aber als Zerfallprodukte des Peptons und weiterhin der Eiweifskörper anzufehen, indem durch SALOMON***) die Bildung von Xanthin und Sarkin aus Eiweifs direct nachgewiefen worden ift. Vielleicht vertreten fie in phyfiologifcher Hinficht die im Körper der höheren Thiere fo reichlich erzeugte Harnfäure, welche im Protoplasma von Aethalium nicht gefunden werden konnte.

Eine excrementielle Bedeutung werden aber die Sarkinkörper für das Protoplasma von Aethalium fchwerlich befitzen, da fie fonft in gröfserer Menge fich anhäufen müfsten; es ift kaum zweifelhaft, dafs fie intermediäre Glieder der regreffiven Reihe find, die theilweife eine weitere Zerftörung erleiden, theilweife auch in die progreffive Stoff-

*) Wie Herr Dr. O. LOEW mir brieflich mittheilt, hat derfelbe Pepton, Sarkin und Xanthin auch in *Penicillium glaucum* gefunden, während Leucin und Tyrofin in diefem Schimmelpilz nicht nachzuweifen waren. Das *Penicillium* war theils auf einer mit einprocentiger Weinfäure angefäuerten Mifchung von Zucker und Ammoniumtartrat, theils auf einer Mifchung von Pepton und Weinfäure gezogen worden

**) KÜHNE und SEWALL, zur Phyfiologie des Sehepithels, insbefondere der Fifche. Unterf. d. phyf. Inft. Heidelb. III. s. 4.

***) Zeitfchr. f. phyfiol. Chemie. II. S. 90.

bewegung hineingezogen werden und eine Ergänzung zu Eiweifskörpern erfahren können. Hierfür fpricht namentlich eine Unterfuchung von DEMANT*), welcher fand, dafs in den Bruftmuskeln von Tauben, welche fich unter normalen Ernährungsbedingungen befinden, Xanthin und Sarkin vollftändig fehlen, während diefe Subftanzen in den Bruftmuskeln hungernder Tauben in reichlicher Menge auftreten; hier häufen fie fich an, weil durch die Inanition der Stoffwechfel fehr verlangfamt wird und die Ergänzung eines Theils der Sarkinkörper zu Eiweifsftoffen unterbleibt.

c) Säureamide.

Asparagin = Amidobernfteinfäureamid

$CH(NH_2)$
$CO(NH_2)$
CH_2
$COOH$

Glutamin = Amidobrenzweinfäureamid. Nach SCHULZE wahrfcheinlich

$C_5H_8NO_3NH$

Diefe beiden Amide fcheinen eine allgemeine Verbreitung im Pflanzenreiche zu befitzen und haben daher feit einer Reihe von Jahren die Aufmerkfamkeit der Pflanzenphyfiologen erregt. Nachdem PFEFFER**) den Nachweis geführt, dafs bei der Keimung der Leguminofen Asparagin aus Eiweifsftoffen entfteht, um fpäter wieder zu verfchwinden und fich unter Hinzutritt von Kohlehydraten wieder zu Eiweifs zu ergänzen, nachdem ferner BORODIN***) die allgemeine Verbreitung des Asparagins im Bereiche der Blüthenpflanzen nachgewiefen hatte, find es insbefondere die meifterhaften Arbeiten von ERNST SCHULZE†), welche uns nicht nur eingehenderen Auffchlufs über das

*) Zeitfchr. f. phyfiol. Chemie. III. S. 381 ff.
**) Jahrb. f. wiffenfch. Bot. Bd. 8. 1872.
***) Bot. Zeit. 1878. S. 802.
†) Landw. Jahrb. 1880, S. 689, wo auch die früheren Arbeiten diefes Autors fich aufgezählt finden.

Vorkommen, die Bildung und Umbildung des Asparagins in der Pflanze gewährten, ſondern welche auch in dem Glutamin ein wahrſcheinlich ebenſo verbreitetes Glied der regreſſiven Stoffmetamorphoſe kennen lehrten, das in der Regel in Gemeinſchaft mit dem Asparagin auftritt, wobei das Verhältnis der in einer Pflanze entſtehenden Menge von Glutamin und Asparagin ſich als wechſelnd zu erkennen giebt. Es iſt SCHULZE bis jetzt nicht gelungen, das Glutamin als ſolches zu iſoliren, nur indirekt läſst ſich dieſe Subſtanz nachweiſen, indem man ſie durch Behandlung mit Mineralſäuren in Glutaminſäure überführt. Die Thatſachen ſprechen jedoch dafür, daſs Asparaginſäure und Glutaminſäure als ſolche in der Pflanze nicht vorkommen, daſs ihre Amide aber conſtituirende Atomgruppen im Molecül der Eiweiſsſtoffe bilden und beim Zerfall der letzteren als Ganzes frei werden.

Während jedoch bisher dieſe beiden Amide nur im Bereich der Blüthenpflanzen nachgewieſen waren, iſt nunmehr das Vorkommen des Asparagins auch für das Protoplasma von Aethalium vollkommen ſicher geſtellt, das Vorkommen von Glutamin darin in hohem Grade wahrſcheinlich gemacht. Auch bei Aethalium haben wir Asparagin und Glutamin unzweifelhaft als Zerfallprodukte der Eiweiſsſtoffe und Peptone anzuſehen, die ſich, vielleicht durch Hinzutritt von Glycogen oder Zucker wieder zu Eiweiſsſtoffen ergänzen können. In Bezug auf das Asparagin iſt aber die bemerkenswerthe Thatſache nochmals hervorzuheben, daſs, während dieſe Verbindung in den ruhenden Samen der Blüthenpflanzen z. B. der Leguminoſen nur in ſehr geringer Menge enthalten iſt, um erſt bei der Keimung ſich anzuhäufen, bei Aethalium der Maximalgehalt an Asparagin gerade auf die ruhenden Sporen entfällt, in denen es als Reſerveſtoff enthalten iſt.

d) Amidoſäuren.

Die Anweſenheit von Amidoſäuren konnte im Protoplasma von Aethalium nicht feſtgeſtellt werden. Dennoch iſt das Vorkommen dieſer Amidoſäuren im Protoplasma von Aethalium nicht als gänzlich ausgeſchloſſen anzuſehen, ſie könnten ſehr wohl entſtehen, um ſich

ſehr raſch zu Eiweiſsſtoffen zu regeneriren, ſo daſs ſie nicht in nachweisbarer Menge ſich anhäufen. Da ſie, wofür namentlich wiederum die Arbeiten von E. SCHULZE die wichtigſten Belege liefern, eine ausgedehnte Verbreitung unter den Blüthenpflanzen beſitzen, ſo ſollten ſie hier wenigſtens kurze Erwähnung finden.

e) Ammoniakverbindungen.

Ammoniumcarbonat.

$$CO \left\{ \begin{array}{l} ONH_4 \\ ONH_4 \end{array} \right.$$

Da unzweifelhaft wegen des Athmungsproceſſes das Protoplasma von Aethalium mit Kohlenſäure nahezu geſättigt iſt, ſo müſſen wir annehmen, daſs die darin enthaltene flüchtige Ammoniumverbindung nicht das Hydroxyd, ſondern das Carbonat der NH_4 Gruppe darſtellt. In dieſer Verbindung haben wir unzweifelhaft das letzte, unterſte Glied der regreſſiven Metamorphoſe der ſtickſtoffhaltigen Eiweiſsbeſtandtheile zu erblicken; die Zerklüftung jener groſsen Molecüle erfährt in ſeiner Bildung ihren Abſchluſs. Ob daſſelbe als directes Zerſetzungsproduct des Xanthins oder einer Amidverbindung entſteht, iſt vor der Hand nicht feſtzuſtellen. Wahrſcheinlich hat das Ammoniumcarbonat im Protoplasma nicht nur durch ſeine Entſtehung als Kraftquelle zu dienen, ſondern daſſelbe iſt auch der alleinige Träger der unzweifelhaft wichtigen alkaliſchen Reaction des Protoplasma von Aethalium. Dieſe Reaction könnte ſonſt nur von Carbonaten der Alkalien herrühren; die letzteren ſind aber im Protoplasma von Aethalium ſicher nicht enthalten. Denn die nachgewieſenen Quantitäten von Alkalimetallen ſind ſo gering, daſs ſie zur Deckung der vorhandenen Menge von Chlorwaſſerſtoffſäure und Phosphorſäure nicht ausreichen, beide Säuren würden jedoch Kohlenſäure aus ihren Alkaliverbindungen austreiben.

Ob noch andere Ammoniumverbindungen im Protoplasma von Aethalium vorkommen, wurde nicht ſicher ermittelt, doch iſt das Vorhandenſein von Ammoniummagneſiumphosphat wohl ſicher.

Die Angaben über das Vorkommen oder Fehlen von Ammoniumverbindungen bei Pilzen wie bei höheren Pflanzen lauten bis jetzt noch ziemlich widerſpruchsvoll, bald ſollen dieſelben vorhanden ſein, bald fehlen. Dieſe Frage bedarf jedenfalls dringend einer erneuten, umfaſſenderen Prüfung.

6. Kohlenhydrate.

a) Glycogen.

Das Glycogen dürfte im Protoplasma von *Aethalium* wohl als einer der wichtigſten conſtituirenden Beſtandtheile aufzufaſſen ſein. Ueber die Entſtehung deſſelben läſst ſich kaum etwas Beſtimmtes vermuthen, wenn man nicht annehmen will, daſs es ſich aus Eiweiſsſtoffen abſpalte. Daſs Glycogen wenigſtens indirect aus Eiweiſsſtoffen entſtehen könne, geht aus der Thatſache hervor, daſs es im Thierkörper auch bei ausſchlieſslicher Fütterung mit Eiweiſskörpern ſich bildet*). Auch durch MAYDL wird das Glycogen als Reſtſubſtanz bei der Eiweiſszerſetzung gedeutet**). Daſs aber, wie man häufig angegeben findet, Glycogen ſchon durch die bloſse Gegenwart von Eiweiſsſtoffen in Zucker umgewandelt werden ſoll, iſt ſicher unrichtig, dazu iſt ein ſpecifiſches Ferment nothwendig, welches im Protoplasma von *Aethalium* fehlt. Man wird jedoch das Glycogen wohl eher als wichtig für die *Conſtitution* des Protoplasma anzuſehen haben, als ihm eine beſondere Aufgabe in der regreſſiven Metamorphoſe zuſchreiben, und iſt es auch keineswegs unwahrſcheinlich, daſs das Glycogen ſynthetiſch aus ſtickſtofffreien Atomgruppen gebildet wird, die ja z. B. bei der Oxydation der Fettſäuren entſtehen könnten. Ebenſo wenig laſſen ſich Vermuthungen über die Umwandlung des Glycogens aufſtellen. Vielleicht iſt das Glycogen eine Art von tranſitoriſchem Reſerveſtoff im Protoplasma und ein weſentlicher Factor für den Aufbau der Eiweiſsmolecüle. Im Athmungsproceſs wird das Glycogen vermuthlich eine Oxydation erfahren.

---

*) GORUP-BESANEZ, phyſ. Chemie, S. 219.
**) Zeitſchr f. phyſiol Chemie. III. S. 186 ff

Von grofsem Intereffe wäre eine vergleichende Unterfuchung über die Frage, ob das Glycogen auch im Protoplasma anderer Pflanzengruppen, als der Schleimpilze, vorkommt, oder ob es im übrigen Pflanzenreiche durch Dextrin und Stärke vertreten wird, zwifchen denen es feinen Eigenfchaften nach gewiffermafsen die Mitte hält.

b) Aethaliumzucker.

So möge vorläufig die aus dem Protoplasma nicht rein erhaltene Subftanz genannt werden, welche in Alkohol leicht löslich ift und nach dem Kochen mit Säuren Kupferoxyd reducirt. Die Subftanz bildete einen bräunlich gelben Syrup von füfslichem Gefchmack, der fich von dem ftickftoffhaltigen Peptonoid durch Ausfällung mit Phosphorwolframfäure befreien läfst. Dafs hier wirklich eine eigene, nicht kryftallifirende Zuckerart vorliegt, dafür dürfte befonders als phyfiologifches Moment der Umftand fprechen, dafs Zuckerarten allgemein verbreitet im Pflanzenreich vorkommen, eine andere Zuckerart fich aber nicht nachweifen liefs. Wäre die fragliche Subftanz kein Kohlenhydrat, fondern ein Glucofid, fo dürfte wohl zu erwarten fein, dafs wenigftens in irgend einer Entwicklungsftufe des Protoplasma von Aethalium (junge Fruchtkörper, reife Sporen, keimende Sporen) als Zerfallproduct diefes Glucofids Traubenzucker beobachtet würde.

Ueber Entftehung, Umwandlung und phyfiologifche Functionen des Zuckers läfst fich für Aethalium natürlich noch weniger ausfagen als für andere Pflanzen. Vielleicht wird derfelbe theilweife mit dem Glycogen zufammen verathmet.

7. Fette und Säuren.

Das im Protoplasma von Aethalium in beträchtlicher Menge enthaltene Fett befteht jedenfalls zum geringften Theile aus fogenannten Neutralfetten, d. h. aus Glyceriden der Fettfäuren und der Oelfäure. Der gröfste Theil des in Aether löslichen Aethaliumfettes wird unzweifelhaft durch die freien Säuren gebildet. Vielleicht find die freien

Fettſäuren durch Zerfall der Glyceride in der Stoffmetamorphoſe entſtanden, wobei entweder das Glycerin ſelbſt oxydirt werden kann*) oder durch Einfügung neuer Säureradicale ſich zu Glyceriden zu ergänzen vermag. Ein Zerfallen der Glyceride in Glycerin und freie Säuren geſchieht ja im Thierkörper bekanntlich durch Einwirkung des Pankreasfermentes; für die Keimung fettreicher Samen hat MÜNTZ**) ein Gleiches angegeben.

Ueber anderweitige Bildung der Fettſäuren im Pflanzenorganismus wiſſen wir zur Zeit noch nichts Genaueres. Nur ſoviel iſt ſicher, daſs Fette aus Eiweiſsſtoffen entſtehen können, weil man bei Thieren, die ausſchlieſslich mit Eiweiſsſtoffen gefüttert werden, Fettanſatz beobachtet. Auch hat NÄGELI***) nachgewieſen, daſs bei niederen Pilzen eiweiſsreiches Protoplasma ſich in fettreiches umzuwandeln vermag, und daſs umſomehr Fett gebildet wird, je lebhafter die Athmung iſt. Flüchtige Fettſäuren entſtehen auch bei der Fäulniſs von Eiweiſskörpern. Ferner hat HOPPE-SEYLER†) gezeigt, daſs, wenn aus Kohlenhydraten CO_2 abgeſpalten wird, aus dem Reſt Fettſäuren von höherem Kohlenſtoffgehalt hervorzugehen vermögen. Vielleicht iſt dies die vorzüglichſte Quelle der Fettbildung im Thier- und Pflanzenreiche, namentlich kann man ſich vorſtellen, daſs die Fettmaſſen in reifen Samen auf dieſe Weiſe entſtehen, da ihrer Bildung die Bildung groſser Quantitäten von Kohlehydraten vorangeht. Freilich braucht die Ueberführung der Fette in Kohlehydrate in dieſem letzteren Falle keine directe zu ſein, ſie kann durch Einſchiebung eines Zwiſchenproductes vermittelt werden und dies Zwiſchenglied kann ſogar ein Eiweiſskörper ſein. Unter den Kohlehydraten des Protoplasma von *Aethalium*

---

*) Vgl. GORUP-BESANEZ, phyſ. Chemie, S. 68; ferner HERTER, Ber. d. d. chem. Geſ. 1878. S. 1167. Der letztere Autor erhielt beim Zuſammenſchmelzen von Glycerin mit Kaliumhydroxyd Ameiſenſäure, Eſſigſäure, Butterſäure und Milchſäure. Vgl. auch HOPPE-SEYLER in Zeitſchr. f. phyſiol. Chemie. III. S. 351.

**) Annales de Chimie et de Phys. ser. IV, T. 12, S. 472.

***) Ueber Fettbildung bei Pilzen S. 289.

†) Zeitſchr. f. phyſiol. Chemie. 1879. S. 351.

würde wohl besonders das Glycogen als eventueller Fettbildner in's Auge zu fassen sein.

a) Oelsäure.

Wenn wir die Frage nach der Entstehung der Oelsäure vor der Hand von weiterer Discussion ausschliessen müssen, so ist umsomehr hervorzuheben, dass ihre grosse Wichtigkeit für die Vorgänge der regressiven Metamorphose ausser Zweifel steht. Als im höchsten Grade wahrscheinlich dürfen wir annehmen, dass die ganze Reihe der im Protoplasma von Aethalium nachgewiesenen flüchtigen Fettsäuren von der Caprinsäure bis zur Ameisensäure, durch Oxydation der Oelsäure entstanden ist. Denn durch Einwirkung künstlicher Oxydationsmittel, z. B. von Salpetersäure, läfst sich die Oelsäure leicht in die flüchtigen Fettsäuren umwandeln, wobei man sämmtliche Glieder der Reihe neben einander nachzuweisen vermag*). Da beim Athmungsprocesse des Protoplasma stets energische Oxydationsmittel in Wirkung treten müssen, so haben wir in der Bildung der flüchtigen Fettsäuren gewiss einen der Hauptzweige der regressiven Metamorphose von Aethalium zu erblicken.

Die Oelsäure muss im Protoplasma von Aethalium in äusserst feiner Vertheilung enthalten sein, da sich eigentliche Tropfen microskopisch nicht nachweisen lassen. Ein Theil derselben ist auch an Calcium gebunden, wo sie wahrscheinlich in gleicher Weise der Verathmung unterliegt, wie im freien Zustande. Auch das Calciumoleat wird kaum in Lösung, sondern nur in feiner Vertheilung enthalten sein, und deuten einige Beobachtungen darauf hin, dass ein Theil der Microsomen aus diesem Salze bestehe; denn bei der Auflösung in Salzsäure verschwinden nicht alle Microsomen vollständig, sondern von einigen derselben bleibt ein grösserer oder kleinerer Fetttropfen zurück. Da als Endproduct der Verathmung von Oelsäure jedenfalls Kohlensäure übrig bleibt, so könnte man sich vorstellen, die Oxydation

*) Vgl. REDTENBACHER in Annalen der Chemie und Pharmacie, Band 59, S. 41.

des Oleats erfolge entweder ſo unmittelbar, daſs es gar nicht zur Bildung der niederen intermediären Glieder der Reihe, wie Acetat und Format, komme, ſondern daſs einzelne ſolcher Microſome ſich direct in Calciumcarbonat umwandeln; oder aber daſs auch die Kalkſalze der Eſſigſäure und Ameiſenſäure intermediäre Oxydationsproducte des Calciumoleats vorſtellen, welches durch ſie hindurch indirect in Calciumcarbonat übergeführt wird.

b) Feſte Fettſäuren.

Dieſelben beſtehen wahrſcheinlich aus einem Gemenge von Palmitinſäure, Stearinſäure und einer Säure von noch höherem Kohlenſtoffgehalt. Für ſie gilt im Allgemeinen auch das über die Oelſäure Geſagte, nur daſs ſie ſich als reſiſtenter, als weniger leicht oxydirbar, erweiſen. Wahrſcheinlich ſind die feſten Fettſäuren neben der Oelſäure zu den conſtituirenden Beſtandtheilen des Protoplasma zu rechnen; bei Aethalium, wo das Protoplasma der jungen Fruchtkörper gegen 10 pCt. Fettſäuren enthält, fungiren dieſelben auch wahrſcheinlich als Reſerveſtoffe, wie in den ölhaltigen Samen der Blüthenpflanzen.

c) Flüchtige Fettſäuren.

Wir faſſen hier in unſerer Betrachtung die verſchiedenen Glieder der Reihe bis einſchlieſslich zur Ameiſenſäure zuſammen. Sie alle ſind weſentlich als Producte der regreſſiven Metamorphoſe anzuſehen, und zwar dürften ſie in erſter Linie von der Oelſäure abſtammen, theilweiſe aber auch Zerfallproducte der Eiweiſskörper ſein. Die Ameiſenſäure entſteht jedenfalls ſehr leicht als Oxydationsproduct zahlreicher organiſcher Subſtanzen. Anderweitige Unterſuchungen, die noch nicht zum Abſchluſs gelangt ſind, machen es mir zur Gewiſsheit, daſs Ameiſenſäure und Eſſigſäure zu den allgemein verbreiteten Beſtandtheilen des vegetabiliſchen Protoplasma gehören, ſowohl in chlorophyllhaltigen wie in chlorophyllfreien Zellen. Wahrſcheinlich ſind beide Säuren meiſtens an Calcium gebunden, und

manche Pflanzen enthalten ſehr groſse Mengen von Calciumformat; ſo kann man z. B. aus dem wäſſrigen Extracte von *Vaucheria* leicht beträchtliche Quantitäten dieſes Salzes durch Auskryſtalliſiren gewinnen. Das Calciumformat iſt unzweifelhaft eins der letzten Glieder der regreſſiven Metamorphoſe; wo es ſich in ſo beträchtlicher Menge anhäuft, wie in *Vaucheria*, dürfte die weitere Oxydation deſſelben vielleicht Hinderniſſen begegnen; dagegen hat HOPPE-SEYLER*), als er Calciumformat mit einer geringen Menge von faulenden Subſtanzen miſchte, eine Zerſetzung der Ameiſenſäure unter Bildung von CO_2 und Waſſerſtoff beobachtet nach der folgenden Gleichung:

$$(CHO_2)_2\,Ca + H_2O = CO_3Ca + CO_2 + 2H_2.$$

Von Wichtigkeit in Betreff der Ameiſenſäure iſt ferner die Beobachtung NÄGELI'S**), wonach Schimmelpilze aus dieſer Säure keinen Kohlenſtoff zu aſſimiliren vermögen. Danach würde alſo ameiſenſaures Salz nicht wieder in die progreſſive Stoffbewegung eintreten können, was mit der Eſſigſäure, wenigſtens bei den Pilzen, nachweislich geſchehen kann. Ich vermuthe ſogar, daſs ein groſser Theil des im Protoplasma von *Aethalium septicum* enthaltenen Calciums als Acetat aus der Lohe aufgenommen wird; das im Protoplasma der jungen Fruchtkörper geſundene Acetat muſs aber aus früher dargelegten Gründen eher als ein Product regreſſiver Metamorphoſe denn als Reſt eines unverarbeiteten Nährſtoffes gedeutet werden. Das Vorkommen der niederen Glieder unter den flüchtigen Fettſäuren im Aetherextract erſcheint in ſofern auffallend, als man erwarten ſollte, daſs ſich dieſelben bei ihrem Entſtehen ſogleich an Calcium binden würden; ſtatt deſſen ſcheinen gerade ſie an das nur in ſo geringer Menge nachweisbare Glycerin gekettet zu ſein, denn wären dieſe Säuren (Butterſäure, Propionſäure) im freien Zuſtande im Protoplasma enthalten, ſo würde das letztere ſchwerlich alkaliſch reagiren können.

*) HOPPE-SEYLER, Ueber die Proceſſe der Gährungen und ihre Beziehungen zum Leben der Organismen. PFLÜGER'S Archiv XII, S. 1. 1876; ferner phyſiol. Chemie. I. S. 123.

**) NÄGELI, die Ernährung niederer Pilze, S. 283.

d) Oxalſäure.

Die Oxalſäure wird im Allgemeinen als Endproduct der regreſſiven Metamorphoſe betrachtet; auch nach NÄGELI'S Unterſuchungen vermögen Schimmelpilze keinen Kohlenſtoff aus Oxalſäure zu aſſimiliren. In den meiſten Pflanzen ſcheint das Calciumoxalat keiner weiteren Umbildung fähig zu ſein; doch werden in den Kartoffeln nach SORAUER und DE VRIES beim Austreiben der Sproſſe Kryſtalle von Calciumoxalat aufgelöſt, und nach SCHMÖGER kann das gleiche Salz durch Spaltpilze zerſetzt werden.

Was die Abſtammung der Oxalſäure im Organismus anbetrifft, ſo darf angenommen werden, daſs ſie zu den Oxydationsproducten der Oelſäure und der höheren Fettſäuren gehört; im Protoplasma von Aethalium wird ſie unzweifelhaft gleich bei der Entſtehung an Calcium treten.

e) Milchſäure.

Wenn man eine Quantität Protoplasma von Aethalium auf Milchſäure verarbeitet, ſo erhält man in allerdings ſehr geringer Menge ein organiſches Zinkſalz, deſſen microſkopiſche Kryſtallform mit derjenigen des Zinklactats übereinſtimmt. Die Ausbeute iſt jedoch eine viel zu geringe, um in dem durch Umkryſtalliſiren gereinigten Salze eine Zinkbeſtimmung verſuchen zu können. Es wäre aber von groſsem Intereſſe, wenn im pflanzlichen Protoplasma Milchſäure mit Sicherheit nachgewieſen werden könnte, weil dieſelbe ein ſo verbreiteter Beſtandtheil des thieriſchen Muskelgewebes iſt; nach den Unterſuchungen von ASTASCHEWSKY*) iſt die Milchſäure auch in den Muskeln ſtets als Salz vorhanden, wohingegen die ſaure Reaction todter oder angeſtrengter Muskeln durch ſaures Kaliumphosphat hervorgerufen wird. Während man bisher in den Muskeln die Milchſäure für einen Abkömmling des Glycogens anſah, wird dies neuerdings von BÖHM**) in Abrede

*) ASTASCHEWSKY, Zeitſchr. f. phyſiol. Chemie 1880. S. 397.

**) BÖHM, über das Verhalten des Glycogens und der Milchſäure im Muskelfleiſch. PFLÜGER'S Archiv XXIII. S 44.

geftellt, und betrachtet diefer Forfcher die Milchfäure als Zerfetzungsproduct der Eiweifsftoffe.

Wenn die Milchfäure in Aethalium als Product regreffiver Stoffmetamorphofe gebildet wird, fo erfährt fie ficherlich rafch weitere Zerfetzungen, weil es zu einer Anhäufung diefer Säure nicht kommt. Aethalium ift aber wenig geeignet, die Frage zu entfcheiden, ob die Milchfäure unter die Stoffwechfelproducte des vegetabilifchen Protoplasma (wobei von den Milchfäurebacterien natürlich abzufehen ift) gezählt werden dürfe; denn in der macerirenden Lohe dürfte ficher Gelegenheit zur Milchfäurebildung gegeben fein, und in folchem Falle könnte die gefundene Milchfäure direct der Lohe entftammen, ein Reft des als Nährftoff aufgenommenen Calciumlactats. Auch lieferte die Verarbeitung des wäffrigen Loheextractes auf Milchfäure (vgl. oben S. 148) in der That ganz ähnliche Kryftalle eines Zinkfalzes, wie fie aus dem Protoplasma erhalten wurden. Jedenfalls wäre es von Intereffe, gröfsere Pilze auf einen Gehalt an Milchfäure zu prüfen.

f) Kohlenfäure.

Die Kohlenfäure ift ein Endproduct der regreffiven Metamorphofe, fie repräfentirt den ftabilen Gleichgewichtszuftand der Atome mit einem Minimum an potentieller Energie. Sie ift einerfeits im Protoplasma von Aethalium an Calcium gebunden, nach meiner Annahme auch an Ammonium; dann aber wird kein Zweifel darüber beftehen können, dafs im lebensthätigen Protoplasma auch ein Ueberfchufs von freier Kohlenfäure enthalten ift. Da der Abforptionscoefficient thierifcher Flüffigkeiten für Gafe nahezu gleich ift demjenigen des Waffers (etwas kleiner), fo dürfen wir annehmen, dafs auch im Enchylema des Protoplasma von Aethalium wie von höheren Pflanzen ein entfprechendes Volumen freier Kohlenfäure enthalten ift; denn CO_2 kann aus dem Protoplasma erft dann in die Luft entweichen, wenn mehr Kohlenfäure durch Athmung producirt wurde, als das Enchylema abforbirt zu halten vermag. — Dafs die Kohlenfäure indirect aus einer grofsen Zahl verbrennlicher Subftanzen im Protoplasma entftehen kann, ift

ficher; wahrfcheinlich vermögen viele diefer Verbindungen CO_3H_2 aber auch direct zu liefern.

8. Alkohole.

a) Cholefterin und Paracholefterin.

Formel: $C_{27}H_{43}$ — OH.

Die beiden, im Protoplasma von *Aethalium* in reichlicher Menge enthaltenen ifomeren Alkohole ftehen einander in phyfiologifcher Hinficht jedenfalls fo nahe, dafs fie hier zufammen betrachtet werden können.

Der Name Cholefterin bezeichnet den Begriff einer chemifchen Gruppe. Man kennt verfchiedene Cholefterine, und hat bis jetzt ein normales, ein Ifocholefterin, ein Paracholefterin und Phytofterin*) unterfchieden, Verbindungen, welche in der Lage des Schmelzpunktes, im fpecififchen Drehungsvermögen für das polarifirte Licht, in gewiffen Farbenreactionen, in der Kryftallform der Benzoefäure-Efter von einander abweichen, während die Elementaranalyfe eine übereinftimmende chemifche Zufammenfetzung ergiebt; doch ift es wegen des hohen Moleculargewichtes diefer Verbindungen äufserft fchwierig und mifslich, mit Sicherheit zu entfcheiden, ob die verfchiedenen Cholefterine ifomere Verbindungen find oder, wie von einigen Seiten wegen der Differenzen im optifchen Drehungsvermögen angenommen wird, einander nahe ftehende Glieder einer homologen Reihe. Wäre das Erftere der Fall, fo würde man annehmen dürfen, dafs die Ifomerie durch Haften der Hydroxylgruppe an verfchiedenen Wafferftoffatomen der Cholefterylgruppe zu Stande kommt, dann aber wäre eine fehr grofse Zahl verfchiedener Cholefterine möglich.

Die Verbreitung von Cholefterinen im Pflanzenreiche fcheint eine allgemeine zu fein, wahrfcheinlich fehlen fie in keinem Aetherextract und bilden einen typifchen Beftandtheil des Protoplasma. Im Thierreiche findet das Cholefterin fich ebenfalls in protoplasmatifchen Ge-

*) Vgl. O. Hesse, Liebigs Annalen Bd. 192, S. 175.

bilden und den unmittelbaren Derivaten des Protoplasma, wie in den rothen Blutkörperchen, in befonders reichlicher Menge und als ganz conftanter Factor in der Gehirn- und Nervenfubftanz, während über ein Vorkommen von Cholefterin in den Muskeln keine ficheren Angaben vorliegen. Endlich ift das Cholefterin ftets reichlich in der Galle enthalten, jenem merkwürdigen Organ des thierifchen Körpers, für welches analoge Functionen bei den Pflanzen kaum zu erkennen find.

Was das Vorkommen der Cholefterine im Protoplasma von *Aethalium* anbetrifft, fo könnten unter den Beftandtheilen deffelben wohl nur die Fette (Oelfäure) als Löfungsmittel derfelben dienen. Da aber auch die Fette nur im Zuftande feinfter Vertheilung im Protoplasma enthalten find, fo fcheint es wahrfcheinlicher, dafs auch die Cholefterine nicht gelöft, fondern nur fein zerftäubt unter andere Protoplasma-Beftandtheile gemengt vorkommen; eine ähnliche Art der Vertheilung wird auch für das Cholefterin im Gehirn und in den Nerven angenommen. Gewifs ift, und phyfiologifch von hohem Intereffe, dafs die Hauptmaffe der Cholefterine im Protoplasma von *Aethalium* neben einer relativ geringen Menge von Fettfäuren an die unlösliche Gerüftfubftanz gebunden ift.

Die Cholefterine finden fich im Protoplasma von Aethalium nur als freie Alkohole. Ueber ihre Entftehung ift Thatfächliches nicht bekannt. Doch wird man fchwerlich annehmen können, dafs diefe Körper im Organismus durch eine felbftändige Synthefe fich aufbauen follten und find daher die phyfiologifchen Chemiker einig in der Ueberzeugung, dafs die Cholefterine Spaltungsproducte find. Da nun wegen ihres hohen Moleculargewichts an eine Abfpaltung aus Kohlehydraten oder Fetten wohl nicht gedacht werden kann, fo hält MALY*) das Cholefterin für ein Spaltungsproduct der Eiweifskörper. Sollte aber bei der Frage nach der Abftammung der Cholefterine nicht auch an das Lecithin gedacht werden können?

Ebenfo wenig wiffen wir über die Umwandlungen des Cholefterins im Verlaufe des pflanzlichen Zellenlebens. Nur fo viel darf wohl als

*) MALY, l. c. S. 150.

ficher gelten, dafs das Cholefterin nach feiner Entftehung durch den Stoffwechfel auch wieder verbraucht werden kann. Dies beweift der Umftand, dafs die jungen, noch ganz aus Protoplasma beftehenden Fruchtkörper von *Aethalium* fehr reich an Cholefterinen find, während fich diefe Verbindungen aus den reifen, bereits Sporen enthaltenden Fruchtkörpern nur in geringer Menge gewinnen laffen.

Es ift keineswegs unwahrfcheinlich, dafs das Cholefterin theilweife im Athmungsprocefs verbraucht wird; denn nach den Unterfuchungen von RADZISZEWSKI*) gelingt es fehr leicht, Cholefterin zum Phosphoresciren zu bringen, alfo in Oxydation zu verfetzen. Mit künftlichen Oxydationsmitteln behandelt, liefert das Cholefterin neben Cholefterinfäure auch flüchtige Fettfäuren, wie Effigfäure, Butterfäure, Capronfäure.

Die phyfiologifche Rolle des Cholefterins im Organismus ift alfo noch durchaus problematifch; doch ift möglicherweife durch fein conftantes Vorkommen in der thierifchen Nervenfubftanz ein Fingerzeig dafür gegeben, dafs es als Stoffwechfelproduct bei Irretabilitäts-Proceffen fich abfpaltet. Jedenfalls dürfte es als befonders lohnende Aufgabe erfcheinen, die phyfiologifchen Bedingungen des Auftretens und Verfchwindens von Cholefterin in einer dafür geeigneten Pflanze genauer zu unterfuchen.

b) *Glycerin.*

Ob Glycerin im freien Zuftande im Protoplasma von *Aethalium* vorkommt, mufs als unentfchieden gelten, weil daffelbe daraus nicht ifolirt werden konnte. Dagegen ift diefer Alkohol beftimmt als Glycerinphosphorfäure im Lecithin enthalten und jedenfalls auch in Verbindung mit den Reften fetter Säuren. Doch treten in dem als »Fett« zu bezeichnenden Beftandtheil von *Aethalium* die Glyceride der Quantität nach fehr zurück gegen die freien Fettfäuren, vielleicht find nur einige der flüchtigen Fettfäuren als Glycerinverbindungen

*) RADZISZEWSKI, über die Phosphorescenz der organifchen und organifirten Körper. LIEBIG's Annalen Bd. 203, S. 319.



vorhanden. Sicheres läſst ſich darüber jedoch nicht ermitteln, weil es durchaus an einer ſicheren Methode der Glycerinbeſtimmung fehlt.

Ueber die Entſtehung der Glyceringruppe im Protoplasma laſſen ſich nicht einmal Vermuthungen formuliren. Nur ſoviel iſt wohl gewiſs, daſs daſſelbe nicht durch einen Proceſs alkoholiſcher Gärung entſtehen kann, weil zu keiner Zeit ſich Traubenzucker nachweiſen läſst. Vermuthlich erſcheint auch das Glycerin mitunter als Spaltungsproduct, entweder des Lecithins oder eines Eiweiſskörpers.

Ob das Glycerin ſelbſt Umwandlungen oder Zerſetzungen erfährt, iſt ebenfalls ungewiſs. Man könnte ſich vorſtellen, daſs daſſelbe in ſeiner geringen Quantität eine Art von eiſernem Beſtand im Protoplasma von *Aethalium* repräſentirt, in die ſich bildenden Sporen mit eingeht und ſpäter auf die Plasmodien ſich überträgt, indem ihm die Function zufällt, Glyceride zu bilden, die in regreſſiver Metamorphoſe immer wieder in freien Säuren und Glycerin geſpalten werden, endlich um an der Conſtituirung des Lecithin-Molecüls mitzuwirken. Daſs hierbei, namentlich ſofern eine Vermehrung der abſoluten Protoplasmamaſſe ſtattfindet, auch der Beſtand an Glycerin durch Neubildung einen Zuwachs erfahren muſs, iſt ſelbſtverſtändlich.

9. Harz und Terpen.

Mit dieſen Bezeichnungen haben wir einige Subſtanzen belegt, von welchen die eine vermuthlich ein chemiſches Individuum iſt, die andere ſicher ein Gemenge verſchiedener Verbindungen darſtellt, und welche einen keineswegs unweſentlichen Bruchtheil des Protoplasma der Plasmodien wie des Sporenplasma bilden. Wenn wir auch ihre nähere chemiſche Zuſammenſetzung nicht kennen, ſo ſind doch dieſe Subſtanzen aus verſchiedenen Geſichtspunkten von groſsem phyſiologiſchen Intereſſe. Einmal gehören Harze zu den verbreitetſten Beſtandtheilen der Pflanzen, ſie werden im Protoplasma bereitet, um im Körper der höheren Gewächſe wenigſtens in beſonderen Behältern abgeſchieden und aufgeſpeichert zu werden. Ob dieſe Harze nur als Auswurfsſtoffe anzuſehen ſind, oder ob ſie von den höheren Pflanzen

weiter verwerthet werden können, ift ungewifs, es fehlt an zuverläffigen Unterfuchungen über diefe Frage. Nur das allgemeine Vorurtheil fpricht den Harzen einen excrementiellen Character zu.

Was die Vertheilung des Harzes im Protoplasma von Aethalium anlangt, fo findet fich ein Theil davon jedenfalls emulfionsartig zerftäubt im Enchylema, während der gröfsere Theil in der Gerüftfubftanz enthalten ift. Eine Ausfcheidung des Harzes läfst fich zu keiner Zeit im Entwicklungsgange von Aethalium nachweifen, in den Sporen fcheint die relative Menge deffelben nicht geringer zu fein, als im nackten Protoplasma. Diefer Umftand fpricht entfchieden dafür, dafs das Harz nicht ausgeftofsen wird; wohl aber mufs es, wenn feine abfolute Menge fich nicht progreffiv vermehren foll, eine Umwandlung, einen Verbrauch in den Stoffwechfelproceffen des Protoplasma erleiden. Ueber die Art diefer Umwandlung laffen fich jedoch keine Vermuthungen aufftellen, ebenfo wenig, als wir über die Entftehung des Harzes etwas Sicheres wiffen. Die für letzteren Punkt nächftliegende Vermuthung ift feine Abfpaltung aus Eiweifsftoffen, und in Bezug darauf mag noch auf folgenden Umftand hingewiefen fein. Unter den künftlichen Spaltungsproducten der Eiweifskörper erhält man eine aromatifche Gruppe, und im Einklange damit beobachtet man im Laufe der regreffiven Stoffmetamorphofe des Thier- und Pflanzenkörpers auch das Auftreten aromatifcher Verbindungen, z. B. des Tyrofins. Nun ift es eine bekannte Thatfache, welche wahrfcheinlich für die Harze des Pflanzenreiches allgemeine Gültigkeit befitzt, dafs, wenn man diefe Subftanzen mit Kaliumhydroxyd zufammenfchmilzt, neben Fettfäuren eine Anzahl aromatifcher Producte auftritt, wie Reforcin, Phloroglucin, Paraoxybenzoefäure, Protocatechufäure. In der Formel der Terpene und Kampherarten endlich wird ohne Weiteres ein Benzolkern angenommen.

Diefe Thatfachen machen es äufserft wahrfcheinlich oder wohl unzweifelhaft, dafs in dem von Terpen und Harz gebildeten, aus dem Protoplasma von Aethalium abgefchiedenen Gemenge zum Mindeften *eine* Atompruppe der aromatifchen Reihe enthalten ift. Diefer Umftand

ift aber von grofser phyfiologifcher Bedeutung. Denn da der Nachweis von Tyrofin im Protoplasma von Aethalium nicht gelungen ift, fo war es von befonderem Werthe, andere Subftanzen abgefchieden zu haben, welche, was auch immer ihre fpeciellen chemifchen Eigenfchaften fein mögen, doch irgend ein Benzolderivat einfchliefsen. Es ift damit eine weitere Stütze für die theoretifch wichtige Annahme gewonnen, dafs unter den Spaltungsproducten der Eiweifsmolecüle, mögen diefelben im natürlichen Stoffwechfel des Organismus erzeugt oder in unferen Laboratorien durch die Einwirkung zertrümmernder Reagentien hergeftellt werden, fich ftets aromatifche Atomgruppen befinden.

10. Die Aschenbestandtheile.

In der Afche des Protoplasma von Aethalium findet man eine Anzahl Metalle und Mineralfäuren, welche mit denen identifch find, die conftant in jeder Pflanzenafche beobachtet werden. Wir müffen daher diefe unverbrennlichen Grundftoffe für wichtige Componenten des Protoplasma halten, auch ift ja ihre Unentbehrlichkeit für das Zellenleben der Pflanzen durch die bekannten Verfuche mit wäffrigen Nährlöfungen dargethan worden. Was die phyfiologifche Function und Bedeutung diefer mineralifchen Beftandtheile anlangt, fo ift diefelbe jedenfalls eine verfchiedene und mannigfaltige. Sie können der progreffiven Stoffmetamorphofe angehören, fie können als conftituirende Theile in das Gefüge des Protoplasma eintreten, fie können endlich als Glieder der regreffiven Reihe erfcheinen. In die erfte diefer drei aus phyfiologifchem Gefichtspunkte unterfchiedenen Gruppen gehören folche Verbindungen, welche von Aufsen her in das Innere eines lebenden Protoplasmaleibes aufgenommen werden, um hier einzelne ihrer Beftandtheile zu weiteren Umfetzungen abzufpalten. Hierher find zu rechnen Phosphate und Sulfate, deren Phosphor und Schwefel für die Bildung von Lecithin, beziehungsweife Eiweifsftoffen verbraucht wird. Dahin gehören ferner Metalle, die, an organifche Säuren gebunden, diefe letzteren als Kohlenftoffquelle dem Protoplasma

zuführen, z. B. wenn man Pilze durch Calciumacetat oder Kaliumtartrat ernährt. Als Constituenten fungiren die unverbrennlichen Bestandtheile, wenn sie, wie Schwefel, Phosphor und wahrscheinlich auch Metalle, in das Molecül von Eiweisstoffen und anderen Verbindungen eintreten; sie gehören aber auch in diese Gruppe, wenn sie als unveränderte Salze im Protoplasma verharren und z. B. die Lösung von Eiweisstoffen unterhalten. In die dritte Gruppe sind z. B. Metalle zu rechnen, wenn sie Träger organischer Substanzen waren oder werden, welche durch regressive Metamorphose entstanden; sie können sogar Endglieder in der regressiven Reihe sein, deren sich das Protoplasma nicht zu entledigen vermag, wohin z. B. das Calciumoxalat und Calciumcarbonat gehören würden.

Aus der Aschenanalyse kann man nicht ohne Weiteres auf die Verbindungen schliessen, in welchen die einzelnen Grundstoffe der Asche im lebenden Protoplasma existiren. In der Asche von *Aethalium* stammen z. B. alle Schwefelsäure und ein grosser Theil der Phosphorsäure aus der Verbrennung organischer Substanzen. Ein bedeutender Theil des Calciumcarbonats ist zwar präformirt im Protoplasma enthalten, ein Theil der Kohlensäure ist jedoch Verbrennungsproduct organischer Säuren. Wieviel von den Metallen an Eiweisstoffe gebunden war, davon wissen wir nichts Sicheres. Auch konnten die in der Tabelle S. 54 angenommenen Mineralsalze nur nach Muthmasung und durch Combination der Aschenanalyse mit der Analyse des unverbrannten Protoplasma aufgestellt werden. So wurde z. B. als wahrscheinlich angenommen, dass das Natrium als Chlorid vorhanden sei, weil die Aschenanalyse dazu stimmt und weil Chlornatrium so allgemein verbreitet in den Organismen vorkommt. Wir nahmen ferner an, dass die im Protoplasma als solche enthaltene Phosphorsäure zunächst an das Kalium treten würde, abgesehen davon, dass Kaliumphosphat auch direct nachgewiesen werden konnte, sodann an das Eisen, und dass endlich das Magnesium als Ammoniumphosphat vorhanden sein werde wegen des beträchtlichen Ammoniakgehaltes des Protoplasma. Einigermasen dürften diese Annahmen zutreffen, den-

noch mufs zugeftanden werden, dafs möglicherweife die Zahl der im Protoplasma vorhandenen Salze eine gröfsere und mannigfaltigere und dafs vielleicht ein Theil des Calciums und Magnefiums an Eiweifsftoffe gnbunden ift.

Aus der oben S. 145 ff. mitgetheilten Unterfuchung des wäffrigen Extractes aus Lohe geht hervor, dafs fämmtliche im Protoplasma gefundenen Mineralbeftandtheile in Form einer wäffrigen Löfung von den Plasmodien aufgenommen werden können und vermuthlich aufgenommen worden find. Im Protoplasma haben fie fich zum grofsen Theil in unlösliche Verbindungen umgewandelt. Speciell erwähnt fei nur noch das in fo grofser Menge angehäufte Calciumcarbonat. Ich ftelle mir vor, dafs daffelbe als organifches Salz, vorwiegend als Acetat aufgenommen und direct oder indirect zu Carbonat oxydirt wurde, dem fomit eine excrementielle Bedeutung im Protoplasma zukommt, das aber infofern für das Protoplasma von Wichtigkeit ift, als es bei feinem Ueberfchufs jede entftehende organifche Säure fogleich abfättigt und dadurch die alkalifche Reaction des Protoplasma dauernd erhält.

III.

Der Process der Kohlenstoffassimilation
im
chlorophyllhaltigen Protoplasma.

Von

J. Reinke.

Die Frage nach dem Chemismus der Kohlenſtoffaſſimilation in grünen Pflanzentheilen iſt durch die wichtigen Unterſuchungen PRINGSHEIMS*) wieder in den Vordergrund des pflanzenphyſiologiſchen Intereſſes gerückt; ihrer Bedeutung wegen ſollte dieſe Fundamentalfrage allerdings niemals daraus verſchwinden, und iſt es zu verwundern, daſs man ſich nicht allſeitiger und anhaltender mit dieſem wichtigſten Probleme der Pflanzenphyſiologie beſchäftigt bis zu deſſen endgültiger Löſung, bis zu einem vollſtändig klaren Einblick in das Weſen dieſes Proceſſes, von welchem die Exiſtenz des geſammten Lebens auf unſerem Planeten abhängt; oder wenigſtens bis zur Erreichung der Grenze, die vielleicht auch hier dem objectiv gültigen Wiſſen gezogen iſt.

Mit Sicherheit iſt feſtgeſtellt worden, daſs in belichteten grünen Pflanzentheilen die Kohlenſäure CO_3H_2**) unter Ausſcheidung von zwei Atomen Sauerſtoff pro Molecül eine Reduction erfährt zu einer oxydirbaren Kohlenſtoffverbindung; welches aber dieſe erſte, aus der Kohlenſäure entſtehende verbrennliche (organiſche) Verbindung ſei,

*) Unterſuchungen über Lichtwirkung und Chlorophyllfunction in der Pflanze. Jahrb. f. wiſſ. Bot. XII. 1881.

**) In neuerer Zeit ertheilt man mit Recht der Kohlenſäure ganz allgemein die Formel CO_3H_2; vgl. dazu z. B. mein Lehrbuch der allgemeinen Botanik S. 464, Anm. Das atmoſphäriſche Kohlendioxyd CO_2 kommt für die chemiſchen Umſetzungen in der Pflanzenzelle direct gar nicht in Betracht, weil CO_2 im Moment ſeiner Abſorption im Imbibitionswaſſer der Zelle ſich in $CO\genfrac{}{}{0pt}{}{OH}{OH}$ umwandelt. Eine Discuſſion darüber, ob der bei der Kohlenſtoffaſſimilation der Pflanze ausgeſchiedene Sauerſtoff aus der Kohlenſäure oder dem Waſſer ſtamme, iſt daher ganz unzeitgemäſs.

die man als Affimilationsproduct bezeichnen mufs, darüber befteht zur Zeit noch eine beträchtliche Divergenz der Meinungen.

Die verfchiedenen, gegenwärtig gröfseren oder geringeren Beifalls fich erfreuenden Hypothefen über die Natur diefes Affimilationsproducts würden fich wahrfcheinlich von felbft vereinfachen, wenn eine präcifere Faffung des Begriffes »Affimilation« unter den Pflanzenphyfiologen feftgeftellt würde als bisher gefchehen. Ganz im Allgemeinen ift Affimilation die Umwandlung einer von Aufsen in den Organismus eintretenden Subftanz in eine fpecififche Verbindung des Organismus. Will man nun aber fämmtliche in einer Pflanzenzelle vorkommende organifche Subftanzen, welche Abkömmlinge jener erften, aus Kohlenfäure reducirten Kohlenftoffverbindung find, als Producte der Affimilation bezeichnen, fo ift das eine wiffenfchaftlich wenig nutzbringende Nomenclatur; foll aber nur einem Theile diefer Subftanzen, etwa einigen Kohlenhydraten, die Auszeichnung zu Theil werden, dafs man fie Affimilationsproducte nennt, fo ift eine rein willkührliche Abgrenzung derfelben gegen die übrigen chemifchen Conftituenten der Pflanzenzelle nothwendig. *Mir fcheint in Bezug auf die Affimilation des Kohlenftoffs aus Kohlenfäure daher die einzige correcte Faffung des Begriffes »Affimilationsproduct« die zu fein, dafs man dies Wort auf die erfte, aus der zerfetzten CO_3H_2 entftehende oxydirbare Subftanz befchränkt.*

Wenn wir uns über diefe Vorfrage geeinigt haben follten, fo werden wir im Allgemeinen wohl geneigt fein einzugeftehen, dafs wir das Product der Kohlenftoffaffimilation in der Pflanze nicht kennen, fondern dafs wir bis jetzt nur verfchiedene, bald nähere bald entferntere *Abkömmlinge* deffelben gefunden haben.

In feinen am Eingang erwähnten Unterfuchungen hat auch PRINGSHEIM eine fehr beachtenswerthe Vermuthung über das in Frage ftehende Affimilationsproduct geäufsert und ift geneigt, das von ihm entdeckte, conftant in jeder belichteten chlorophyllhaltigen Zelle vorkommende *Hypochlorin* als folches anzufprechen. Eine allgemeine Zuftimmung zu diefer Vorftellung wird aber wohl fchwierig zu er-

reichen ſein, ſo lange wir über die chemiſchen Eigenſchaften des Hypochlorins nichts Näheres wiſſen und unſere Kenntniſs deſſelben ſich beinahe auf den Umſtand beſchränkt, daſs das Hypochlorin ein leicht oxydirbarer Körper iſt. Daſs aber das Hypochlorin auf jeden Fall zu den nächſten Abkömmlingen des fraglichen Aſſimilationsproductes gehören wird, ſcheint mir in hohem Grade wahrſcheinlich.

Am wenigſten wird man *Stärkekörner* als das Aſſimilationsproduct betrachten können. Denn abgeſehen davon, daſs ſehr zahlreiche chlorophyllhaltige Pflanzen niemals Stärke bilden, ſetzen dieſe complicirt aus Granuloſe und Celluloſe aufgebauten, organiſirten Gebilde mit Nothwendigkeit das Vorhandenſein einer anderen organiſchen Subſtanz voraus, aus welche ſie auskryſtalliſirt ſind oder ſich aufgebaut haben; vermuthlich entſteht die Stärke aus einer Zuckerart durch Polymeriſirung unter Waſſerverluſt. Für die phyſiologiſche Bedeutung der kleinen, in den Chlorophyllbehältern auftretenden Stärkekörner habe ich, wie ich glaube, die richtige Erklärung gegeben*); ich betrachte dieſelben als die Form einer *tranſitoriſchen Reſerveſubſtanz*. Daſs dieſe Stärkekörnchen im Dunkeln verſchwinden, um bei Belichtung ſich von Neuem zu bilden, beweiſt für ſich allein Nichts gegen meine Auffaſſung; denn auch die in der Pflanze vorhandenen Eiweiſsſtoffe vermindern ſich unter Amidbildung etc. bei eintretender Verdunkelung, um im Lichte durch Reconſtruction aus den Amidſubſtanzen ſich wieder zu vermehren. Noch viel weniger kann aber *der* Umſtand für eine Deutung der Stärke als Aſſimilationsproduct verwerthet werden, daſs ſich die Bildung derſelben als eine Function der Kohlenſäurezerſetzung darſtellen läſst. Denn ganz das Nämliche gelingt auch mit der in den Knollen der Kartoffel ſich ſammelnden Stärke, mit der Celluloſe und den Eiweiſsſtoffen, und ſchlieſslich wird jeder Land- und Forſtwirth den Ertrag ſeiner Felder und Wälder als eine Function der Zerſetzung von Kohlenſäure in grünen Blättern durch das Sonnenlicht betrachten können.

*) Vgl. mein Lehrbuch der allgemeinen Botanik S. 472 u. S. 481.

Am meiſten verbreitet iſt wohl die Vorſtellung, daſs Traubenzucker $C_6H_{12}O_6$ zunächſt aus der zerſetzten Kohlenſäure gebildet werde, ſei es als directes Aſſimilationsproduct, ſei es als eins der nächſten, jedenfalls vor der Stärke erzeugten Glieder der progreſſiven Stoffreihe. Dieſe Auffaſſung erhält ihren Ausdruck in der Gleichung

$$6(CO_3H_2) = C_6H_{12}O_6 + 6(O_2).$$

Nun iſt es aber gewiſs, daſs ein ſo complexes Molecül, wie das des Traubenzuckers, durch *Syntheſe* entſtanden ſein muſs, daſſelbe kann unmöglich aus der einfachen Reduction eines Kohlenſäure-Molecüls hervorgegangen ſein. Aus dieſem Grunde werden wir uns ſchwerlich entſchlieſsen dürfen, den Zucker als Aſſimilationsproduct im oben definirten Sinne aufzufaſſen, ſondern wir werden uns nach einer einfacheren organiſchen Kohlenſtoffverbindung umzuſehen haben, welche das nächſte Product der Reduction von CO_3H_2 darſtellt und aus deren kleineren Molecülen wie aus Bauſteinen die Syntheſe des Zuckermolecüls in der Pflanzenzelle vollzogen wird.

Wir gelangen ſomit zu dem Ergebniſs, daſs die Reduction der Kohlenſäure und die ſchlieſslich daraus reſultirende Syntheſe eines verbrennlichen Körpers von höherem Moleculargewicht, z. B. eines Kohlenhydrats, als zwei ganz verſchiedene Proceſſe aufgefaſst und in unſerer theoretiſchen Betrachtung getrennt behandelt werden müſſen. Dann iſt aber ſchon das Product der Reduction, nicht erſt das der Syntheſe, als das Aſſimilationsproduct der Pflanze anzuſehen, und vorausſichtlich wird das Molecül dieſes Aſſimilationsproducts *kleiner* ſein, d. h. eine geringere Zahl von Atomen enthalten, als das Molecül der Kohlenſäure.

Die Meinung LIEBIG'S*), daſs als erſte Glieder dieſer Stoffwechſelreihe in der Pflanze Säuren gebildet werden, hat eine experimentelle Beſtätigung nicht erfahren, ſie bietet bei dem gegenwärtigen

*) An dieſer Stelle mag auch der Hypotheſe von ERLENMEYER gedacht werden (Ber. d. d. chem. Geſ. 1877, S. 634), wonach im Aſſimilationsproceſs die Kohlenſäure in Ameiſenſäure und Waſſerſtoffſuperoxyd geſpalten werden ſoll; durch Zerſetzung des letzteren ſoll der ausgeſchiedene Sauerſtoff frei werden; auch ſei es nicht undenkbar, daſs die Ameiſenſäure noch weiter in Methylaldehyd und Waſſerſtoffſuperoxyd geſpalten werde.

Standpunkte unſerer chemiſchen Kenntniſſe auch kaum theoretiſche Vorzüge dar. Dagegen iſt inzwiſchen von anderer hervorragender Seite eine in hohem Grade beachtenswerthe Hypotheſe über den Proceſs der Kohlenſtoffaſſimilation in der Pflanze geäuſsert worden.

Es iſt A. BAEYER, welcher die hier in Discuſſion gezogenen Fragen vom rein theoretiſch-chemiſchen Standpunkte beleuchtet hat*). BAEYER geht von den Thatſachen aus, daſs eine Zuckerart jedenfalls ſtets in engſter Gefolgſchaft der Kohlenſäurezerſetzung in der Pflanze gebildet wird, und daſs es dem ruſſiſchen Chemiker BUTLEROW**) gelungen war, einen zuckerartigen Körper zu gewinnen, als er eine wäſſrige Löſung von condenſirtem Formaldehyd mit Alkalien behandelte; BAEYER baut hierauf die Hypotheſe, daſs auch das in der lebenden Pflanze gebildete Zwiſchenglied zwiſchen Kohlenſäure und Zucker nichts anderes als *Formaldehyd* COH_2 ſein werde. Ueber den Verlauf des Proceſſes ſelbſt entwickelt BAEYER die folgende Vorſtellung: »Wenn nun Sonnenlicht Chlorophyll trifft, welches mit CO_2 umgeben iſt, ſo ſcheint die Kohlenſäure dieſelbe Diſſociation wie in hoher Temperatur zu erleiden, es entweicht Sauerſtoff und das Kohlenoxyd bleibt mit dem Chlorophyll verbunden. Die einfachſte Reduction des Kohlenoxyds iſt die zum Aldehyd der Ameiſenſäure, es braucht nur Waſſerſtoff aufzunehmen:

$$CO + H_2 = COH_2$$

und dieſer Aldehyd kann ſich unter dem Einfluſs des Zelleninhalts ebenſo wie durch Alkalien in Zucker verwandeln. In der That, man hätte Mühe, nach der anderen Anſicht durch allmäligen Aufbau ſo einfach zu dem Ziele zu gelangen! Das Glycerin könnte ferner durch Condenſation von drei Molecülen und Reduction des gebildeten Glycerinaldehyds entſtehen«.

---

*) A. BAEYER, Ueber die Waſſerentziehung und ihre Bedeutung für das Pflanzenleben und die Gärung. Ber. d deutſchen chem. Geſ. III. S. 63. 1870.

**) Vgl. hierzu BUTLEROW, Lehrbuch der organiſchen Chemie, S. 267 u. S. 424. BUTLEROW kochte Oxymethylen einige Minuten mit Kalk- oder Barytwaſſer, um den von ihm als Methylenitan bezeichneten, zuckerartigen Körper zu erhalten.

Eine einfache Polymerisirung von 6 Molecülen Formaldehyd giebt direct Traubenzucker nach der Gleichung:

$$6\,(CH_2O) = C_6H_{12}O_6.$$

Hierzu verdient noch bemerkt zu werden, dass ungefähr gleichzeitig mit BAEYER auch KEKULÉ folgenden Ausspruch gethan hat*): »Dass bei der vegetabilischen Synthese der Ameisenaldehyd häufig als Baumaterial dient, kann wohl kaum bezweifelt werden«.

Ich selbst bin durch eine hiervon abweichende theoretische Betrachtung zu dem gleichen Ergebniss in Bezug auf die Zersetzung der Kohlensäure gelangt, wie BAEYER, möchte aber *meine* Argumentation für eine wesentlich bündigere halten. Bereits oben habe ich zwischen Reduction der Kohlensäure und Synthese eines Zuckermolecüls streng unterschieden. Zur Herstellung des letzteren gebraucht man (ich verweise hier auf die soeben mitgetheilte Gleichung) mindestens 6 Molecüle Kohlensäure, wobei jedes Molecül CO_3H_2 ein Molecül (zwei Atome) Sauerstoff verliert. Für eine Reduction der Kohlensäure brauchen aber der Pflanze nicht immer gerade 6 Molecüle CO_3H_2 zur Verfügung zu stehen, dieselbe muss und wird auch eintreten, wenn nur 5, 2 oder gar nur 1 Molecül Kohlensäure als vorhanden gedacht wird. Es ist chemisch nicht der leiseste Grund dafür einzusehen, warum eine Reduction der Kohlensäure nur dann eintreten sollte, wenn 6 Molecüle derselben, gleichsam in Reih und Glied aufmarschiert, zur Stelle sind. Setzen wir einmal den Fall, dass eine grüne Pflanzenzelle ein einziges, isolirtes Kohlensäuremolecül reducirte, — was für ein Reductionsproduct wird daraus entstehen? Die Antwort ist leicht. Bei der Bildung von Zucker aus Kohlensäure wird auf jedes Molecül Kohlensäure ein Molecül Sauerstoff ausgeschieden; um also das Reductionsproduct von *einem* Molecül Kohlensäure zu finden, braucht man nur zwei Atome Sauerstoff von der Formel der Kohlensäure zu subtrahiren und erhält dann in der Gleichung

$$CO_3H_2 = COH_2 + O_2$$

wiederum Formaldehyd COH_2 als Reductionsproduct.

---

*) KEKULÉ, Ueber die Condensation der Aldehyde. Ber. d. deutschen chem. Ges. III. S. 135. 1870.

Da nun die theoretifchen Betrachtungen übereinftimmend auf diefe Verbindung hinweifen, da ferner ein fo hervorragender Chemiker wie BUTLEROW die künftliche Synthefe eines zuckerartigen Körpers aus Formaldehyd bekannt gemacht hat, fo erfcheint es allerdings fehr nahe gelegt, in dem Formaldehyd das Product der Kohlenftoffaffimilation in der belichteten grünen Pflanzenzelle zu vermuthen. Denn meine theoretifche Unterfuchung führt zu dem Ergebnifs, dafs, wenn das Molecül Kohlenfäure CO_3H_2 durch den Reductionsprocefs zwei Atome Sauerftoff verliert, *nur Formaldehyd als Reductionsproduct übrig bleiben kann*, folglich überall in der Pflanze, wo Kohlenfäure reducirt wird, *COH_2 mit Nothwendigkeit entftehen mufs;* ein anderes Reductionsproduct ift bei Abfpaltung von O_2 gar nicht denkbar. Diefer Schlufs gilt unbedingt, fobald wir vorausfetzen, dafs die Reduction von CO_3H_2 der Synthefe vorausgeht, und das umgekehrte Verhältnifs vorauszufetzen, fcheint mir unftatthaft zu fein. Es *kann* daher nach diefer Theorie der Affimilationsprocefs bei verfchiedenen Pflanzen auch gar kein verfchiedener fein, da ein anderes Affimilationsproduct als Formaldehyd geradezu als ausgefchloffen betrachtet werden mufs. Erft die Producte einer weiteren Synthefe können bei verfchiedenen Arten differente Verbindungen fein, die dann in jedem Falle bereits der progreffiven Stoffmetamorphofe in der betreffenden Pflanze, ihrem inneren Stoffwechfel, angehören.

Soweit die Theorie, welche den Formaldehyd CH_2O als Affimilationsproduct mit Nothwendigkeit fordert. Wenn diefe Theorie zur wiffenfchaftlichen Gewifsheit werden foll, wird man zunächft den Nachweis der Bildung von Formaldehyd in grünen Pflanzentheilen unter dem Einflufs des Lichtes verlangen. Kann diefem Verlangen entfprochen werden? Ift diefer Nachweis überhaupt zu erbringen? Was ift von einem darauf bezüglichen Verfuche zu erwarten? — Ich glaube, dafs es zweckmäfsig ift, über diefe Fragen zur Klarheit zu gelangen, bevor man es unternimmt, nach Thatfachen zu fuchen, welche der entwickelten Theorie zur Stütze gereichen könnten.

Der Formaldehyd CH_2O ift eine Verbindung, die nur bei hoher

Temperatur in Gasform zu exiſtiren vermag. Bei niederen Temperaturen condenſirt ſich dieſelbe ſogleich zu einem polymeren Körper, dem *Oxymethylen* $C_3H_6O_3$, einer feſten, kryſtalliniſchen Subſtanz, die bei 152° ſchmilzt und ſich bereits unter 100° verflüchtigt. Wenn alſo die Pflanze Formaldehyd bildet, ſo wird derſelbe als ſolcher nur im Moment der Erzeugung exiſtiren und ſogleich in den Strom der Syntheſe, zunächſt durch einfache Polymeriſirung, hineingeriſſen werden. So kann zunächſt Oxymethylen entſtehen, vielleicht auch andere niedere Producte der Polymeriſirung, die man bislang nicht unterſchieden hat; ſpäterhin bilden ſich dann Zucker u. a. Kohlenhydrate. Daſs auch das Hypochlorin zu den erſten Erzeugniſſen einer ſolchen Syntheſe gehört, iſt mir darum in hohem Grade wahrſcheinlich, weil es eine allgemeine Eigenſchaft der Aldehyde iſt, ſehr leicht in harzartige Körper überzugehen.

Wenn der Formaldehyd das Aſſimilationsproduct der Pflanze iſt, ſo wird es demnach unmöglich ſein, daſſelbe direct nachzuweiſen; man wird auf alle Fälle nur Producte ſeiner Polymeriſirung, alſo der Syntheſe, auffinden können. *Practiſch* wird ſomit die Grenze zwiſchen dem Aſſimilationsproduct in unſerer obigen, ſtrengen Faſſung und den erſten Gliedern der inneren, progreſſiven Stoffmetamorphoſe ſich nicht ziehen laſſen. Dennoch darf erwartet werden, daſs in den Blättern aſſimilirender Pflanzen jene Producte der erſten Polymeriſirungen ſich werden auffinden laſſen, welche noch die meiſten Eigenſchaften des Formaldehyds beſitzen, z. B. nach Art der Aldehyde noch mit Waſſerdämpfen flüchtig ſind. Es iſt auch denkbar, daſs ſolche condenſirte Aldehydformen, wie Oxymethylen, in einigen Pflanzen zur Anhäufung gelangen, da man ſo häufig die Anſammlung gewiſſer Stoffe in einzelnen Pflanzen beobachtet, während dieſelben bei anderen Arten ſogleich wieder im Stoffwechſel verbraucht werden.

Der Verſuch eines directen Nachweiſes von unmittelbaren Derivaten des Formaldehyds in grünen Pflanzen muſste ſich zunächſt auf folgende zwei Eigenſchaften gründen, welche wenigſtens den Aldehyden der niederen Glieder der Fettſäurereihe gemeinſam zukommen:

erftens auf die *Flüchtigkeit* diefer Verbindungen, zweitens auf ihr *ftarkes Reductionsvermögen* verfchiedenen Subftanzen gegenüber.

Es war natürlich fraglich, ob meine Bemühungen Erfolg haben konnten, felbft wenn Formaldehyd, beziehungsweife Oxymethylen, durch Reduction von CO_3H_2 entftanden war, weil derfelbe fogleich als Bauftoff anderer Verbindungen vollftändig verbraucht werden konnte, ohne fich im Geringften anzufammeln. Allein bei feiner leichten Mifchbarkeit mit Waffer*) war es wahrfcheinlich, dafs bei lebhafter Bildung deffelben doch ein Theil aus den Chlorophyllbehältern in das Enchylema des Protoplasma und weiter in den Zellfaft der Zellen hinein diffundiren werde, und hier konnte er fich vielleicht eine Zeitlang unverändert erhalten, eventuell fogar in nicht grüne Theile der Pflanze hineinwandern. Auch mochte die in der Regel faure Reaction des Zellfafts confervirend auf den Formaldehyd wirken, da vielleicht die alkalifche oder neutrale Reaction des Protoplasma und der Chlorophyllbehälter feine Umbildung in Zucker begünftigen, wie denn auch BUTLEROW feine Condenfation durch Hülfe von Alkalien gelungen war**).

Durch diefe Erwägungen fchien mir die Methode der Unterfuchung vorgezeichnet. Namentlich war mir die Beobachtung von MAGNES-LAHENS***) von Wichtigkeit, wonach der Aldehyd der Effigfäure auch alkalifche Kupferlöfung reducirt, während ich mich perfönlich davon überzeugte, dafs dem Propionaldehyd und Ifobutyraldehyd die gleiche Eigenfchaft zukommt. Unter diefen Umftänden war nicht daran zu zweifeln, dafs der Formaldehyd ein im Vergleich zu den übrigen Gliedern der Reihe befonders energifches Reductionsvermögen gegen alkalifche Kupferlöfung befitzen werde.

---

*) Nach A. W. HOFMANN (Sitzungsber. der Berliner Akademie 1869, S. 367) ift Formaldehyd vollkommen löslich in Waffer und Alkohol, Oxymethylen in beiden unlöslich. Nach demfelben Autor befitzt ferner Oxymethylen »einen äufserft fchwachen Geruch«, während Formaldehyd penetrant aldehydartig riecht.

**) Vgl. hierzu auch WIESNER, die Entftehung des Chlorophylls in der Pflanze. S. 11 Anm. Wien 1877.

***) Journal de Pharmacie et de Chimie. 3. Série. T. 27. S. 37. (1855).

Nunmehr veranlafste ich Herrn Stud. KRÄTSCHMAR, der fich in meinem Laboratorium gegenwärtig mit vergleichenden phyfiologifch-chemifchen Studien befchäftigt und auf meinen Vorfchlag im Zufammenhang mit den Grundgedanken der hier entwickelten Aufgabe eine Unterfuchung über die Verbreitung Kupferoxyd reducirender Subftanzen in den wäffrigen Auszügen von Pflanzen, befonders auch von Thallophyten, begonnen hatte, — die durch Ausprefsen gewonnenen Pflanzenfäfte nach vorhergegangener Neutralifation durch Natriumcarbonat der Deftillation zu unterwerfen und das Deftillat mit FEHLING'fcher Löfung auf Reductionsvermögen zu prüfen.

Schon die erften Verfuche lieferten ein pofitives Ergebnifs. Es zeigte fich, dafs die *von den neutralifirten Pflanzenfäften abdeftillirten Flüffigkeiten meiftens fehr deutlich Fehling'fche Löfung reducirten,* während in anderen Fällen das Reductionsvermögen kaum ficher nachweisbar war, in noch anderen Fällen aber eine fo beträchtliche Abfcheidung von Kupferoxydul erfolgte, dafs man die aus dem Deftillat von einer Handvoll Blätter erhaltene Quantität zu wägen vermocht hätte; die Blätter von Populus, Salix und Vitis lieferten bis jetzt die gröfste Ausbeute. Hierbei ift bemerkenswerth, dafs bei den meiften Pflanzen nur die erften Cubikcentimeter Deftillat, welche aus einem gröfseren Kolben mit Saft aus Blättern gewonnen waren, Reductionsvermögen zeigen, während die fpäteren Fractionen fich unwirkfam erweifen. Aus dem Deftillat des Saftes von Pappelblättern dagegen reducirt die letzte Fraction eines Kolbens noch ungefähr ebenfo intenfiv als die erfte. Danach kommen in verfchiedenen Pflanzen verfchiedene Modificationen der Subftanz von verfchiedener Flüchtigkeit vor.

Es galt nun zunächft feftzuftellen, ob diefe flüchtige, Kupferoxyd reducirende Subftanz auch die übrigen Eigenfchaften der Aldehyde befitze. Von vorn herein mufste dies als wahrfcheinlich gelten, weil andere *flüchtige* Subftanzen, welche Kupferoxyd reduciren, bis jetzt nicht bekannt geworden find. Für die Ausführung von Reactionen ftellte ich mir ein Deftillat von einer gröfseren Quantität Pappelblätter her.

Dieselben wurden unter Hinzufugung von ein wenig Wasser in einer Fleischzerkleinerungsmaschine zermahlen, dann der Saft abgepresst und destillirt. Das neutrale, farblose Destillat besafs einen theils obstartigen, theils ganz schwach aldehydartigen Geruch. Es schieden sich Flocken und feine Körnchen in demselben aus, die beim Erwärmen verschwanden, um nach dem Erkalten wieder aufzutreten. Die Reactionen traten sämmtlich sowohl in dem filtrirten, wie in dem nicht filtrirten Destillate ein.

Zunächst versetzte ich die erste Fraction dieses Destillats mit etwas Fuchsinlösung, welche durch schweflige Säure entfärbt war; nach kurzer Zeit war die anfangs völlig farblose Flüssigkeit schön bläulich-purpurroth gefärbt. Beachtenswerth ist aber, dafs die späteren Fractionen des Destillats diese Fähigkeit, entfärbte Fuchsinlösung zu färben, nicht zeigen. Darauf fügte ich zu einer kleinen Menge von Destillat*) Silbernitrat mit Ammoniumhydroxyd: sofort trat eine Reduction ein, welche sich durch Ausscheidung von Silber zu erkennen gab, und nach leichtem Erwärmen überzogen sich die Wände des Probirröhrchens mit einem dichten Silberspiegel.

Die vier erwähnten Eigenschaften: Flüchtigkeit, Reduction von Silbernitrat bei Gegenwart von Ammoniumhydroxyd, Reduction von FEHLING'scher Lösung und z. Th. Purpurfärbung einer durch schweflige Säure farblos gemachten Fuchsinlösung — lassen keinen Zweifel mehr darüber, dafs wir es in dem uns interressirenden Körper mit einer *aldehydartigen Substanz* zu thun haben, und zwar voraussichtlich mit einem Abkömmlinge eines der niedrigsten Glieder der Fettsäurereihe.

Speciell für Formaldehyd beziehungsweise Oxymethylen werden in der Literatur nur zwei besondere Reactionen erwähnt. Einmal findet sich die Angabe bei HOFMANN**), dafs durch Formaldehyd »Silbersalze mit gröfserer Leichtigkeit und Sicherheit« reducirt werden, als durch Acetaldehyd. Sodann finde ich bei BUTLEROW die Notiz,

*) Weil dasselbe von dem schwach alkalisch gemachten Pflanzensafte abdestillirt war, konnte natürlich keine Spur von Ameisensäure darin enthalten sein.

**) A. W. HOFMANN in Ber. der deutsch. chem. Ges. II. S. 159. 1869.

dafs, wenn Oxymethylen mit Kalk- oder Barytwaffer gekocht wird, eine Gelbfärbung der Löfung (unter Bildung von Methylenitan) eintritt.

Da die Subftanz die allgemeinen Aldehyd-Reactionen zeigte, fo war es mir wünfchenswerth, das Verhalten der Aldehyde der niederen Fettfäuren verfchiedenen Reagentien gegenüber einer vergleichenden Prüfung zu unterziehen, und verfchaffte ich mir deswegen (von Herrn KAHLBAUM in Berlin) möglichft reine Präparate von Acetaldehyd, Propionaldehyd und Ifobutyraldehyd; den Valeraldehyd habe ich nicht mehr berückfichtigt, weil derfelbe bereits in Spuren durch feinen characteriftifchen Geruch fich zu erkennen geben würde. Die Verfuche zeigten, wie zu erwarten war, dafs Ifobutyraldehyd und Propionaldehyd ebenfo alkalifche Kupferlöfungen reducirten, ebenfo mit Silberlöfung und Ammoniumhydroxyd (am beften unter Zufatz von einer Spur Natriumhydroxyd) beim Erwärmen eine reichliche Silberausfcheidung bewirkten und ebenfo die Fuchfinfärbung wiederherftellten, wie der Acetaldehyd. Characteriftifch ift dagegen für die einzelnen Aldehyde ihr Verhalten gegen Natriumhydroxyd. In allen Fällen wurden einige Tropfen Aldehyd in 3 bis 4 *ccm* deftillirtem Waffer gelöft und dann im Probirröhrchen mit etwas Natriumhydroxyd verfetzt. Beim Ifobutyraldehyd erfolgte in der Kälte nach kurzer Zeit ein weifser, fuspendirt bleibender Niederfchlag, welcher beim Kochen bis auf eine geringe Trübung wieder verfchwand, ohne dafs dabei Gelbfärbung der Flüffigkeit eingetreten wäre. Die Löfung des Propionaldehyd blieb auf Zufatz der Natronlauge vollkommen klar, beim Kochen dagegen färbte fie fich fchwach citronengelb, erft nach längerem Stehen zeigte fich eine Trübung. Auch der Acetaldehyd bleibt auf Zufatz des Natriumhydroxyd zunächft vollkommen klar und farblos, beim Kochen färbt dann die Löfung fich erft fattgelb, darauf tief orangegelb, während fie gleichzeitig durch Ausfcheidung eines harzartigen Körpers ein emulfionsartiges Ausfehen annimmt; bei Gegenwart einer beträchtlicheren Menge Aldehyd ballt fich das Harz zu gröfseren Klumpen zufammen.

Als ich nunmehr das aus den Blättern erhaltene Deſtillat mit Natriumhydroxyd verſetzte, trat in der Kälte ſchwache Gelbfärbung ein, die beim Kochen in Rothgelb überging, ohne daſs ſich etwas ausgeſchieden hätte. Schon dadurch ſcheint mir die Verſchiedenheit dieſer Subſtanz vom Acetaldehyd hinlänglich dargethan zu werden.

Wenn ich das Deſtillat mit Calcium- oder Baryumhydroxyd verſetzte, ſo zeigte ſich in der Kälte ebenfalls eine ſchwache Gelbfärbung, die beim Erwärmen in ein ſchmutziges Röthlichgelb überging, während gleichzeitig ein flockiger Niederſchlag entſtand. Ferner zeigte ſich beim Erwärmen mit Ammoniumhydroxyd und Silberlöſung *ſofort* die Ausſcheidung eines Silberſpiegels auf der Wand des Probirröhrchens, während dieſe Erſcheinung ohne Zuhülfenahme von Natriumhydroxyd bei den übrigen drei Aldehyden keineswegs ſogleich und mit Sicherheit erzielt wird.

Endlich gelang es mir, ein anderweitiges, ſehr bemerkenswerthes Verhalten meiner Subſtanz gegen Silberlöſung zu beobachten. Wenn man von dem Deſtillat aus Pappelblättern eine Probe mit ein paar Tropfen Silbernitratlöſung verſetzt, *ſo beginnt ohne jeden Zuſatz von Alkali nach wenigen Minuten in der Kälte eine Reduction des Silberſalzes einzutreten,* die bald einen dicken ſchwarzen Niederſchlag liefert. Dies thut keiner der drei anderen Aldehyde, auch nicht nach längerem Stehen mit Silberlöſung; Ameiſenſäure, die wegen der vollkommen neutralen Reaction des Deſtillats übrigens auch ausgeſchloſſen wäre, ruft dieſe Reduction nur beim Kochen hervor. Wir haben hierin ſomit eine Reaction, welche die aldehydartige Subſtanz ſcharf von den übrigen Aldehyden der Fettſäurereihe unterſcheidet, und jedenfalls iſt der Schluſs geſtattet, daſs die Subſtanz Silberſalze viel leichter und energiſcher reducirt als die drei übrigen Aldehyde.

Ein genaueres chemiſches Studium der hier von mir vorläufig als »aldehydartige Subſtanz« bezeichneten Verbindung wird immerhin eine ziemlich umſtändliche Aufgabe ſein. Da bereits die Herſtellung des Körpers im Groſsen aus Pappel- oder Weidenblättern und ſeine Trennung vom Waſſer Einrichtungen und Apparate von ſolchen Di-

menfionen vorausfetzt, wie fie in meinem Laboratorium nicht vorhanden find, fo möchte ich die nähere Unterfuchung der Subftanz gerne den Chemikern von Fach überlaffen, und dazu anzuregen, ift der Zweck diefer vorläufigen Mittheilung. Am eheften follte man erwarten, dafs es gelingen werde, den fraglichen Körper durch Oxydation in Ameifenfäure überzuführen. Allein dies ift weniger einfach, als man denkt, weil bei derartigen Verfuchen auch die Ameifenfäure in der Regel gleich zu Kohlenfäure verbrannt wird. Nur als ich eine Portion der meine Subftanz enthaltenden wäffrigen Flüffigkeit mit FEHLING-fcher Löfung kochte, erhielt ich aus der mit Schwefelfäure angefäuerten Flüffigkeit ein Deftillat, welches nach Zufatz von ein paar Tropfen Natriumcarbonat auf dem Wafferbade zur Trockne gedampft, dann mit wenig Waffer aufgenommen und mit Phosphorfäure angefäuert, nunmehr ein zweites Deftillat lieferte, das deutlich Lacmuspapier röthete und zugleich Silberlöfung beim Erwärmen reducirte. Somit fcheint bei der Oxydation durch Kupferoxyd doch eine geringe Menge von Ameifenfäure gebildet zu werden.

Die verfchiedenen, vorftehend angeführten Eigenfchaften rufen in mir aber die Vermuthung hervor, dafs in der flüchtigen reducirenden Subftanz der Pflanzenblätter ein Condenfationsproduct des Formaldehyd oder eine einfache Verbindung eines folchen vorliegt.

Den Beziehungen der Subftanz zur Pflanze werde ich in Gemeinfchaft mit Herrn KRÄTSCHMAR weiter nachgehen. Dafs auch diefe keine ganz einfachen find, davon habe ich mich bereits überzeugt. Denn bei den Weidenarten findet fich der Körper nicht blofs in den Blättern, fondern auch in den Wurzeln, und als Weidenzweige eine Woche lang im Dunkeln ftanden, war derfelbe keineswegs etwa aus den Blättern verfchwunden. Doch kommt bei diefen Pflanzen hauptfächlich die weniger flüchtige Modification der Subftanz in Betracht; bei anderen Species, in denen ausfchliefslich die flüchtigere, nur in den erften CCm Deftillat enthaltene Form fich findet, fcheint die Bildung derfelben allerdings vom Lichte abhängig zu fein.

Immerhin glaube ich, dafs eine enge Beziehung zwifchen diefer

Subftanz und dem Affimilationsproceffe des Kohlenftoffs befteht; und meine Ueberzeugung, dafs Formaldehyd das Affimilationsproduct fein müffe, erfährt durch die Auffindung derfelben eine wefentliche Stütze. Wie fchon oben bemerkt wurde, ift es fehr wohl vorftellbar, dafs in einzelnen Pflanzen diefe Subftanz vermöge einer fpecififchen Eigenfchaft des Protoplasma zur dauernden Anhäufung gelangt, dabei vielleicht irgend eine Art von Verbindung eingehend, dann kann fie fich auch bis in die Wurzeln verbreiten.

Uebrigens fällt auch dem Formaldehyd vielleicht eine viel weiter gehende Betheiligung an der Synthefe der Beftandtheile des Protoplasma zu, als der blofse Aufbau von Kohlehydraten; ich verweife dafür auf die oben S. 154 von mir ausführlich citirte Arbeit von OSCAR LOEW. —

Nur die dynamifchen Beziehungen des Affimilationsproceffes mögen zum Schluffe noch hervorgehoben werden, als ein für die Illuftration der in der vorigen Abhandlung S. 124 ff. entwickelten Principien befonders geeignetes Beifpiel.

Wenn die Sonnenftrahlen im chlorophyllhaltigen Protoplasma ein Molecül CO_3H_2 zu COH_2 reduciren, fo leiften fie am Syftem des Protoplasma eine Arbeit, welche die Energie deffelben um den Betrag der Verbrennungswärme von COH_2 erhöht. Diefer Energie-Zuwachs wird aus dem Energie-Inhalt der Sonne auf das Protoplasma übertragen. Die im Protoplasma erzeugte Energie ift zunächft eine potentielle. Während nun die Atomgruppe CO_3H_2 in Beziehung zu Sauerftoff den ftabilen Gleichgewichtszuftand repräfentirt, befindet fich COH_2 gegen O im labilen Gleichgewicht: man braucht nur die geeigneten Bedingungen herbeizuführen, und COH_2 verbrennt unter Aufnahme von O_2 zu CO_3H_2. Hierbei verwandelt fich die durch das Molecül COH_2 repräfentirte potentielle Energie in kinetifche Energie, welche für innere Arbeitsleiftung im Protoplasma disponibel wird.

Betrachten wir jetzt die gefammte Pflanzen- und Thierwelt unter dem Bilde eines einzigen materiellen Syftems, an welchem die Sonne jene erwähnte Arbeit durch Reduction von CO_3H_2 zu COH_2 ver-

richtet, ſo wird der nöthige Bewegungszuſtand des Syſtems ſo lange unterhalten, als die Sonne eine genügende Quantität von CO_3H_2 zerſetzt. Die Sonne aber iſt die Spenderin, welche durch ihre Strahlen die in den lebenden Geſchöpfen zu Tage tretende Energie auf unſeren Planeten hinabſendet.

Inſofern geſtaltet dieſer Proceſs ſich in Wirklichkeit verwickelter, als wir die Welt der Organismen nicht als einen gegebenen, fertigen Apparat von beſtimmter Configuration behandeln dürfen, ſondern weil dieſer Apparat ſelbſt einem beſtändigen Wechſel unterworfen iſt durch Zerſtörung ſeiner eigenen Subſtanz und ſeiner Neubildung aus Abkömmlingen eben jener Atomgruppe COH_2. Hierdurch gewinnt der Formaldehyd eine weitere hohe Bedeutung für die Welt des Lebens, als Anfangsglied der Erzeugniſſe des Stoffwechſels. Dafür ſind freilich auſser ihm noch andere Subſtanzen nöthig; wären die Körper der Organismen fertig gegeben und nicht dem Stoffwechſel unterworfen, ſo würde die Bildung von Formaldehyd beziehungsweiſe ſeiner nächſten Condenſationsproducte genügen, um die das Leben zuſammenſetzenden Bewegungen zu unterhalten. —

Die vorſtehenden Darlegungen erheben nicht den Anſpruch, das Aſſimilationsproblem gelöſt zu haben; u. A. bleibt z. B. die Rolle des Protoplasma bei der Reduction der Kohlenſäure ganz unberührt. Allein ich glaube, daſs ſie einen Fortſchritt zu ſeiner Löſung bringen, wenn es auch noch langer und andauernder Arbeit bedürfen wird, bis wir am Ziele ſtehen. Immerhin ſcheint mir die Vorſtellung, welche Formaldehyd als das Reductionsproduct der Kohlenſäure fordert, die einzige zu ſein, welche nicht in dem einen oder dem andern Punkte mit Thatſachen — z. B. mit der Moleculargröſse der Kohlenſäure — in Widerſpruch geräth.

Druck von Gebr. Unger (Th. Grimm) in Berlin, Schönebergerstr. 17 a.

UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

BOTANISCHEN LABORATORIUM

DER

UIVERSITÄT GÖTTINGEN.

HERAUSGEGEBEN VON

Dr. J. REINKE,

PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN.



DRITTES HEFT.

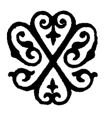
STUDIEN ÜBER DAS PROTOPLASMA II.

BERLIN 1883.

VERLAG VON PAUL PAREY.

STUDIEN
ÜBER DAS PROTOPLASMA.

ZWEITE FOLGE.



BERLIN 1883.
VERLAG VON PAUL PAREY.

Vorbemerkung.

Das hiermit dem botanifchen Publicum übergebene dritte Heft der ›Unterfuchungen‹ bildet den Schlufs des ganzen literarifchen Unternehmens. Daffelbe war ins Leben getreten zu einer Zeit, wo das für Veröffentlichungen beftimmte Material fich derartig häufte, dafs es in den Zeitfchriften fchwierig unterzubringen war. Diefe Schwierigkeit befteht zur Zeit nicht mehr, und fällt dadurch das Hauptmotiv für das felbftändige Erfcheinen der »Unterfuchungen« hinweg. Ein Nebenzweck dieser Publikationen kann ebenfalls als erledigt angesehen werden, ich meine die Einführung des Göttinger Inftituts als eines Inftrumentes wiffenfchaftlicher Forfchung unter die älteren Anftalten, welche gleichen Zielen dienen — und daher finde ich keine Veranlaffung, diefe Serien felbftändig erfcheinender Abhandlungen fortzufetzen. Möchten die herausgegebenen drei Hefte wenigftens die Anerkennung bei ihren Lefern finden, dafs fie in redlichem Bemühen Verfuche bringen, unfere pofitiven Kenntniffe von der Pflanze in einigen Punkten zu erweitern.

Das vorliegende dritte Heft enthält im Wefentlichen nur Ergänzungen zu dem Inhalt des zweiten; zu einer abfchliefsenden Durchführung konnte die Bearbeitung der bezüglichen Probleme in keinem Falle gelangen, fie liefert nur Material in Bruchftücken für eine künftige, klarere Erkenntnifs diefer Dinge.

Göttingen, im März 1883.

Reinke.

I.

Ein Beitrag zur physiologischen Chemie
von
Aethalium septicum.

Von

J. Reinke.

I.

Ein Beitrag zur physiologischen Chemie von Aethalium septicum.

Von

J. Reinke.

Der Umſtand, daſs in den Endproducten des vegetabiliſchen Stoffwechſels Körper von hohem Moleculargewicht und vom Character der Anhydride entſchieden vorwalten, deutet darauf hin, daſs die progreſſive Stoffmetamorphoſe vorwiegend beſteht in einer ätherartigen Verknüpfung von Molecülen gewiſſer Subſtanzen, die als Bauſtoffe höherer und niederer Ordnung in Betracht kommen; die Annahme, daſs solche ätherartigen Verbindungen namentlich in den Stoffen der protoplasmatiſchen Gerüſtsubſtanz und in den Subſtanzen der Zellwand vorliegen, dürfte wohl kaum auf Widerſpruch ſtoſsen. Es iſt danach insbesondere auch zu vermuthen, daſs ein solcher ätherarthiger Körper im *Plaſtin* vorliegt, und zwar ſcheint es mir nahe zu liegen, in demſelben ein Product der Synthoſe aus einem Eiweiſsſtoff und einem Nuclein, unter Eintritt einer gröſseren ſtickſtofffreien Gruppe zu erblicken. Die Verwandtſchaft des Plaſtins mit den Nucleinen wird durch ſeinen Phosphorgehalt dargethan, der Eintritt einer ſtickſtofffreien Gruppe durch den Mindergehalt an Stickſtoff; durch ſeine Unlöslichkeit in verdünnten Alkalien iſt das Plaſtin von den Nucleinen unterſchieden.

Neuere, von meinem Aſſiſtenten Hrn. Dr. FRÖCHTLING ausgeführte Analyſen des Plaſtins beſtätigen den Gehalt von rund 12 pCt. Stickſtoff für dieſe Subſtanz und haben ferner ergeben: für Schwefel

0.33 pCt., für Phosphor 2,15 pCt.*) Das Plaftinpräparat war durch Auswafchen des frifchen Prefsrückftandes des Protoplasma mit ganz verdünnter Kalilauge von Nuclein möglichft befreit worden. Soweit fich nach den bisherigen Erfahrungen überfehen läfst, ift das Plaftin ein einheitlicher, molecular zusammenhängender Atomcomplex, der allerdings nicht abfolut, aber doch in ähnlichem Grade rein erhalten wurde, wie z. B. alle bis jetzt analyfirten Nuclein-Präparate.

Es werden nach diefen und früheren**) Unterfuchungen fich folgende procentifche Werthe für die Zusammenfetzung des Plaftins ergeben:

C	. .	= 53,50
H	. .	= 7,22
N	. .	= 12,0
P	. .	= 2,15
S	. .	= 0,33
O	. .	= 24,81.

Dividiren wir diefe Werthe durch die Aequivalente, fo erhalten wir folgende Verhältnifszahlen:

C	. .	= 4,46
H	. .	= 7,22
N	. .	= 0,86
P	. .	= 0,07
S	. .	= 0,01
O	. .	= 1,55

Machen wir die Vorausfetzung, dafs im Plaftin-Molecül 1 Atom

---

*) *Schwefelbestimmung;*

I. 1,3630 *g*. Plaftin lieferte mit Soda und Salpeter geschmolzen 0,0360 *g* Bariumsulfat entsprechend 0,36 pCt. S.

II. 1,2995 *g* Plaftin lieferten 0,0286 *g* Bariumsulfat entsprechend 0,30 pCt. S.

Phosphorbestimmung:

I. 1,2995 *g* Plaftin gaben mit Soda und Salpeter geschmolzen 0,0970 *g* Magnesiumpyrophosphat entsprechend 2,08 pCt. P.

II. 0,9618 *g* Plaftin gaben 0,0765 *g* Magnesiumpyrophosphat entsprechend 2 22 pCt. P.

**) Vgl. Studien über das Protoplasma I. S. 50. Dafelbft ist auch die Darftellung des Plaftins aus dem Protoplasma von Aethalium angegeben.

Schwefel enthalten ſei, ſo würde danach folgender empiriſch-ſtöchiometriſcher Ausdruck herauskommen:

$$\text{Plaſtin} = C_{446}\ H_{722}\ N_{86}\ P_{7}\ O_{155}\ S.$$

Dieſem Ausdrucke kommt natürlich keine weitere Bedeutung zu, als daſs er die Vergleichung mit der Zuſammenſetzung der Eiweiſsſtoffe und Nucleine ermöglicht; die für dieſe letzteren Verbindungen von LIEBERKUEHN und von MIESCHER berechneten Formeln lauten:

$$\text{Eiweiſs} = C_{72}\ H_{112}\ N_{18}\ O_{22}\ S.$$

$$\text{Nuclein} = C_{29}\ H_{49}\ N_{9}\ P_{3}\ O_{22}.$$

Nehmen wir nun an, daſs in das Molekül des Plaſtins zwei Nucleinmoleküle eingetreten ſind, und berechnen wir für den Reſt nach ſeinem Stickſtoffgehalt als weitere Componenten 4 Eiweiſsmolecüle, ſo bleibt ein ſtickſtofffreier und ſauerſtoffarmer Reſt von C = 100, H = 176, O = 23, welcher ganz gut gedeutet werden kann auf eine gröſsere Zahl von Molekülen einer Fettſäure (der Reihe der Stearinſäure oder der Oelſäure), welche unter Waſſerverluſt ſich aneinander gefügt haben.

Natürlich können dieſe Andeutungen keinen weiteren Werth beanſpruchen, als daſs ſie vielleicht geeignet ſind, einen Geſichtspunkt für weitere Forſchungen in der bezeichneten Richtung zu gewähren.

* * *

Es ſchien nun aus verſchiedenen Gründen wünſchenswerth zu ſein, eine vergleichende Unterſuchung auszuführen über den Gehalt an chemiſch gebundenem Waſſer, welchen Aethalium septicum im protoplasmatiſchen und im Zuſtande der Sporenreife beſitzt.*)

Die auffallendſte Veränderung, welche die Subſtanz des Aethalium in dieſer Umwandlung erfährt, beſteht offenbar in der Bildung der Zellwände um den aus Protoplasma beſtehenden Antheil der Sporen; daſs für jede Spore einer der vielen Kerne des Plasmodiums das organiſche Centrum bildet, iſt eine naheliegende Vermuthung. Von

*) Schon BAEYER hat zu einer derartigen Unterſuchung Anregung gegeben. — Vergl. Bericht d. d. chem. Geſ. 1870. S. 63.

den Capillitiumfafern und der Rindenfchicht des Fruchtkörpers dürfen wir wohl annehmen, dafs ihre Subftanz derjenigen der Sporenwand gleicht.

Wenn die Bildung diefer Wandfubftanzen einen Condenfationsvorgang unter Wafferabfpaltung darftellt, fo würden wir in dem eventuell zu beobachtenden Mindergehalt der Trockenfubftanz der reifen Fruchtkörper an Wafferftoff gegenüber der Trockenfubftanz des Protoplasma nur dann ein Mafs für die Menge des bei der Wandbildung abgefpaltenen Waffers befitzen, wenn wir ficher wüfsten, dafs nicht auch ähnliche Condenfationen beim Uebergang des beweglichen Protoplasma in die ruhende Inhaltsmaffe der Sporen vorkämen; darüber wiffen wir aber gar nichts. Schon diefer Umstand verbietet es, ohne Weiteres beobachtete Differenzen nur auf die Bildung der Zellwände als alleinigen Grund zurückzuführen. Dann kommt noch hinzu, dafs die in Betracht kommenden Subftanzen nur bei niederer Temperatur durch fehr langes Verweilen über Schwefelfäure getrocknet werden können; hat man durch diefe Procedur endlich ein conftantes Gewicht erreicht, fo mufs man die Vorausfetzung machen, dafs die beiden zu vergleichenden Subftanzgemenge noch einen gleich grofsen, (jedenfalls fehr kleinen,) Reft von hygrofkopifch gebundenem Waffer enthalten. Auf jeden Fall entweichen aber auch über Schwefelfäure auch geringe Mengen anderer flüchtiger Stoffe, als Waffer, ficher z. B. Ammoniumcarbonat, und hier müffen wir die gleiche Vorausfetzung machen, d. h. dafs aus dem Protoplasma und aus den Sporen gleich viel davon entweichen. Endlich konnte pularifirbare Trockenfubftanz des Protoplasma nur dadurch erhalten werden, dafs daffelbe erft in Alcohol erhärtet und dann der Alcohol bei etwa 80° C. verjagt wurde. Alle diefe Umftände fchliefsen Fehlerquellen ein, welche fich nicht befeitigen laffen, und durch welche die Unficherheit des Refultats zunimmt. Wir werden daher aus den Beftimmungen nur einen Schlufs auf Wafferabfpaltung ziehen dürfen, wenn fich *erhebliche* Differenzen im Wafferftoffgehalt ergeben, deren Gröfse die genannten Fehlerquellen verträgt, und in dem Ergebnifs nicht ein *quantitatives* Mafs, fondern nur die *qualitative* Conftatirung einer Bewegung des chemifch gebundenen Waffers erblicken dürfen.

Um der bezeichneten Frage nach dem Verhalten des Waſſers bei der Sporenbildung näher zu treten, habe ich dieſelbe folgendermaſsen präciſirt:

a) Wie viele Gewichtstheile Waſſerſtoff kommen ſowohl in der verbrennlichen Trockenſubſtanz des Protoplasma als auch in derjenigen der Sporen auf 100 Gewichtstheile Kohlenſtoff.

b) Wie groſs ist die Differenz des Quotienten $\frac{C}{H}$ zwiſchen Protoplasma und Sporen.

Als Ausgangsmaterial diente lufttrocknes Protoplasma und lufttrockne Subſtanz reifer Fruchtkörper. Die für dis Unterſuchung nöthigen Analyſen wurden von meinem Aſſiſtenten, Herrn Dr. FRÖCHTLING, ausgeführt.

A) Protoplasma.

Es ward zunächſt eine Beſtimmung des geſammten Kohlenſtoffs und des Waſſerſtoffs durch Verbrennung mit Bleichromat und Kaliumpyrochromat ausgeführt.

Beſtimmung	I ergab . . .	30,72 pCt.	C,
„	II „ . . .	30,66 „	„
	im Mittel	33,69 pCt.	C.
Beſtimmung	I ergab . . .	5,42 pCt.	H,
„	II „ . . .	5,39 „	„
	im Mittel	5,40 pCt.	H.

Dann ward der im Protoplasma in Form von Kohlenſäure (Carbonaten) enthaltene Kohlenſtoff durch eine Kohlenſäurebeſtimmung feſtgeſtellt.

Beſtimmung	I ergab . . .	4,29 pCt.	C,
„	II „ . . .	4,32 „	„
	im Mittel	4,30 pCt.	C als Kohlenſäure.

Danach betrug der in *verbrennlicher Form* im Protoplasma von Aethalium enthaltene Kohlenſtoff 30,69—4,30 = 26,39 pCt. C in der luftrockenen aſchenhaltigen Subſtanz.

Die Aſchenbeſtimmung gab folgende Werthe:

I. . .	38,31 pCt.
II. . .	38,26 „
im Mittel	38,28 pCt. Afche.

Nunmehr ward zu einer Beftimmung des hygrofkopifch gebundenen Waffers gefchritten, in der Weife, dafs die lufttrockene Subftanz fo-lange bei Zimmertemperatur über Schwefelfäure aufbewahrt wird, bis fie keine Gewichtsabnahme mehr erkennen läfst; der hierbei ftattgehabte Gewichtsverluft wurde notirt.

Beftimmung I ergab . .	4,59 pCt. H_2O,
„ II „ . .	4,69 „ „
im Mittel	4,64 pCt.

hygrofkopifch gebundenes Waffer im luftrockenen Protoplasma.

Jetzt konnte die verbrennliche Subftanz des Protoplasma berechnet werden; in demfelben waren enthalten:

	38,28 pCt. Afche
	4,64 „ Waffer
zufammen	42,92 pCt.

100,00 — 42,92 = 57,08 *verbrennliche Subftanz* im lufttrockenen Protoplasma.

Da nun in 57,08 Theilen verbrennlicher Subftanz 26,39 Theile Kohlenftoff enthalten find, fo berechnet fich für 100 Theile verbrennlicher Subftanz **46,23 pCt. Kohlenstoff.**

Bei der obigen Wafferftoffbeftimmung im *lufttrockenen* Protoplasma war der Wafferftoff des hygrofkopifch gebundenen Waffers mit enthalten gewefen. Nun enthalten 4,69 Gewichtstheile Waffer 0,52 Gewichtstheile Wafferftoff, die von dem durch die Verbrennung gewonnenen Werthe 5,40 in Abzug gebracht 4,88 pCt. H in organifcher Bindung im lufttrockenen Protoplasma ergeben.

Sind nun in 57,08 Theilen verbrennlicher Subftanz 4,88 Theile Wafferftoff enthalten, fo ergiebt dies für 100 Theile verbrennliche Subftanz **8,55 pCt. Wasserstoff.**

B. Reife Fruchtkörper.

Gesammt-Kohlenstoff.

Bestimmung	I	33,72 pCt.
„	II	33,34 „
	im Mittel	33,53 pCt. C.

Gesammt-Wasserstoff.

Bestimmung	I	4,96 pCt.
„	II	4,72 „
	im Mittel	4,84 pCt. H.

Kohlenstoff als Kohlensäure.

I . . .	5,20 pCt.
II . . .	5,31 „
im Mittel	5,25 pCt. C.

Danach beträgt der Kohlenstoff in verbrennlicher Form:

$$33{,}53 - 5{,}25 = 28{,}28 \text{ pCt. C.}$$

in luftrockener, aschenhaltiger Substanz.

Aschenbestimmung.

I	39,14 pCt.
II	39,18 „
im Mittel	39,16 pCt.

Wasserbestimmung.

Durch Trocknen über Schwefelsäure verlor die Substanz:

I . . . , .	7,10 pCt.
II	7,14 „
im Mittel	7,13 pCt.

In der lufttrockenen Substanz waren enthalten an Asche und Wasser 39,16 + 7,13 = 46,29 pCt., mithin an *verbrennlicher Substanz* 53,71 pCt.

Für 100 Theile verbrennlicher Substanz berechnet sich jetzt ein Gehalt von **52,65 pCt. Kohlenstoff.**

Da der Wasserstoff des hygroskopisch gebundenen Wassers der

Gesammtsubstanz 0,79 Gewichtstheile ausmacht, so erhalten wir für den Wasserstoff in verbrennlicher Form 4,84 — 0,79 = 4,05 pCt.

Hiernach berechnet sich der Wasserstoffgehalt auf 100 Theile verbrennlicher Substanz zu **7,56 pCt. Wasserstoff.**

C. Das gesuchte Verhältniss.

Im *Protoplasma* kommen auf 46,23 Gewichtstheile Kohlenstoff 8,55 Gewichtstheile Wasserstoff, mithin auf 100 Gewichtstheile Kohlenstoff:

18,49 Gewichtstheile Wasserstoff.

In den reifen Fruchtkörpern kommen auf 52,65 Gewichtstheile Kohlenstoff 7,56 Gewichtstheile Wasserstoff, mithin auf 100 Gewichtstheile Kohlenstoff:

14,32 Gewichtstheile Wasserstoff.

Demnach hat bei der Sporenbildung ein Verlust von 4,17 Gewichtstheilen Wasserstoff in verbrennlicher Form auf je 100 Gewichtstheile Kohlenstoff stattgefunden; oder auf 100 Atome Kohlenstoff ein Verlust von 50 Atomen Wasserstoff, beziehungsweise von 25 Molecülen Wasser.

Würden wir diesen Werth gänzlich auf Rechnung von Anhydridbildung setzen, so entspräche der Wasserstoffverlust genau dem procentischen Wasserstoffverlust bei der Bildung von Aethylacetat aus Aethylalcohol und Essigsäure. Da aber die anhydritbildenden Substanzen im Protoplasma durchschnittlich sicher ein viel grösseres Moleculargewicht besitzen, beziehungsweise viel mehr Kohlenstoffatome im Molecül enthalten, als Aethylalcohol und Essigsäure, so kann nicht daran gezweifelt werden, *dass der gefundene Werth des Verlustes an Wasserstoff zu gross ist,* um allein auf äussere Anhydridbildung entfallen zu können, doch kann auch *intramoleculare* Anhydridbildung im Spiele sein.

Wenn wir aber auch annehmen, dass die Eingangs erwähnten Fehlerquellen der Untersuchung alle in dem Sinne gewirkt haben, die gefundene Differenz im Wasserstoffgehalt zwischen Protoplasma und Substanz der Fruchtkörper zu vergrössern, so wird man doch nicht umhin können, in dieser Beobachtungsreihe ein sprechendes

Zeugnifs dafür zu erblicken, dafs Proceffe der Wafferabfpaltung beim Uebergang des beweglichen Protoplasma in den ruhenden Zuftand der Sporen in hervorragender Weife thätig fein müffen; denn der gefundene Wafferverluft ift viel zu bedeutend, als dafs die erhaltene Differenz durch die Fehlerquellen gedeckt werden könnte.

Dies Ergebnifs ift wenig günftig der Hypothefe, dafs die membranbildenden Subftanzen der Pflanzenzelle durch »Abfpaltung« aus Eiweifsftoffen entftehen follen. Wenn folche direkte Abfpaltungen von Kohlehydraten aus Eiweifskörpern vorkommen follten, fo würden fie wahrfcheinlich mit Hydratation, auf keinen Fall aber mit Dehydratation verbunden fein. Es ift die erwähnte Hypothefe, zu deren Gunften ich Thatfachen nicht anzuführen wüfste, bislang nichts weiter als ein Ausflufs des Dogma von der Omnipotenz des Eiweifs, das leider immer noch in der Pflanzenphyfiologie fein Haupt hoch hält. Auch ich zweifle keineswegs daran, dafs die Eiweifsftoffe zu den wichtigften chemifchen Trägern des Lebensproceffes gehören; aber fo leicht möchte ich mir die Löfung der phyfiologifchen Probleme nicht machen, dafs ich für jeden, vor der Hand in feinen Urfachen nicht überfehbaren Prozefs die Erklärung bereit hielte: das hat das Eiweifs gethan Ohne dem Eiweifs die Wichtigkeit seiner, bis jetzt allerdings noch gröfstentheils unerkannten Bedeutung fchmälern zu wollen, glaube ich meinerfeits, dafs *das Plaftin in viel höherem Mafse als die Eiweifskörper die eigentliche chemifche Grundlage des lebensthätigen Protoplasma ausmacht,* und dafs daffelbe in keiner Pflanzenzelle fehlt, geht aus dem Umftande hervor, dafs in allen Pflanzenzellen nach Behandlung mit Löfungsmitteln für Eiweifsftoffe, Nuclein etc. immer ein ftickftoffhaltiges Refiduum von nicht unbeträchtlicher Quantität zurückbleibt. Nach den obigen Darlegungen kann aber das Plaftin nicht mehr zu den Eiweifsftoffen gerechnet werden, fondern ift als ein Körper von viel complicirterer Zufammenfetzung anzufehen. Dafs die vorausfichtlich enorme Gröfse des Molekulargewichts zugleich zahlreiche Ifomerieen und Metall-Subftitutionen geftatten wird, ift klar, und haben wir es demnach vorausfichtlich bei verfchiedenen Pflanzen mit fehr zahlreichen, verfchiedenen Plaftinen zu thun, vielleicht

kommt jeder Species ihr befonderes Plaftin zu, oder gar eine ganze Combination von Plaftinen, und es wäre keineswegs undenkbar, dafs die Variation der Arten einen Anftofs durch chemifche Vorgänge, beziehungsweife Aenderungen, in der Zufammenfetzung der Plaftinmoleküle erführe, welche die Gerüftfubftanz des Protoplasmaleibes aufbauen.

Das Plaftin ift meines Erachtens eine für das Zuftandekommen von lebendem Protoplasma unbedingt nothwendige Verbindungsform, ein Gleiches kann von den Eiweifsftoffen nicht behauptet werden; denn es giebt lebensthätiges Protoplasma, in welchem fich keine Spur von Eiweifsftoffen nachweifen läfst Eine von mir mit fämmtlichen, auch den empfindlichften, Eiweifs-Reagentien geprüfte Vaucheria ergab ein durchaus eiweifslofes Protoplasma. Dadurch finken die Eiweifsftoffe in der Pflanzenzelle auf die Bedeutung zwar fehr verbreiteter, aber nicht unbedingt nothwendiger und constanter Bau- und Referveftoffe herab, die fchon in der Trockenfubftanz des Protoplasma von Aethalium fepticum nicht mehr als 6 pCt. betragen.

II.

Die Kohlenstoffassimilation im chlorophyllosen Protoplasma.

Von

J. Reinke.

Dafs zahlreiche organifche Subftanzen den Schimmelpilzen als Subftrat dienen, ift eine der alltäglichen Erfahrungen; dafs ferner nicht nur die complicirten Gemenge, welche den abgestorbenen Thier- und Pflanzenkörper zufammenfetzen, dem Schimmeln unterworfen find, fondern dafs auch in Löfungen fehr enfacher Kohlenftoffverbindungen Schimmelflocken auftreten können, ift eine dem Arzt, Apotheker und Chemiker von jeher wohl bekannte Thatfache.

Lange gedauert hat es aber, bis die Phyfiologie fich diefer wichtigen Erfcheinungen bemächtigte. Man begnügte fich mit dem Raifonnement: Die chlorophyllhaltigen Pflanzen vermögen allein aus unorganifcher Materie organifche Subftanz zu bereiten, während die Pilze auf Ernährung aus organifcher Subftanz angewiefen find. Diefer leicht feftzuftellende Gegenfatz befriedigte die Botaniker auch noch zu einer Zeit, als die Chemie längft die principielle und wiffenschaftliche Scheidung zwifchen organifchen und anorganifchen Körpern fallen gelassen und die Verbindungen CO und CO_2 mit den Beftandtheilen des Thier- und Pflanzenkörpers zu dem Complex der *Kohlenftoffverbindungen* vereinigt hatte, die zufammen in einem wiffenfchaftlich haltbaren Gegenfatz den Verbindungsreihen anderer Grundftoffe, z. B. den Siliciumverbindungen, den Borverbindungen u. f. w. gegenübergeftellt werden können.

Das Verdienft, fich nicht mit der Wahrnehmung zu begnügen, dafs Schimmelpilze »in allen möglichen organifchen Löfungen« gedeihen, und die Frage zu ftellen, ob gewiffe einfach gebaute Kohlenftoffverbindungen eine ausreichende Kohlenftoffquelle für die Er-

nährung der Schimmelpilze gewähren, knüpft ſich an den Namen PASTEUR'S.*)

PASTEUR ſtellte eine Nährlöſung her aus deſtillirtem Waſſer, »Phosphor« (Hefeaſche), Ammoniak und verſetzte dieſelbe in der einen Verſuchsreihe mit Traubenſäure, in der anderen mit Rohrzucker. Es gelang in beiden Löſungen Schimmelpilze bis zur Fructification zu erziehen, während die Entwicklung unterblieb, wenn einer der Beſtandtheile der Löſung fortgelaſſen war. Traubenſäure wie Zucker waren ſomit die einzigen Kohlenſtoffquellen für die Ernährung der Pilze; in Bezug auf erſtere machte PASTEUR dann noch die intereſſante Wahrnehmung, daſs die Traubenſäure durch die Vegetation des Pilzes zunächſt in die beiden optiſch aktiven Weinſäuren geſpalten wurde, daſs hierauf die Rechtsweinſäure aber ſchneller verbraucht wurde, als die Linksweinſäure.

Durch dieſe Verſuche PASTEUR'S war der ſichere Beweis erbracht, daſs aus einer verhältniſsmäſsig einfachen, ſogenannten organiſchen Verbindung, der Weinſäure, ein Pilz den geſammten für den Aufbau von Protoplasma und Zellwand nöthigen Kohlenſtoff zu entlehnen, zu *aſſimiliren* vermag. Dieſen letzteren Ausdruck halte ich auch für den vorliegenden Fall für den folgerechteſten und am meiſten geeigneten; denn die Weinſäure bleibt ebenſowenig Componens oder gar ausſchlieſsliches, nothwendiges Componens des Pilzprotoplasma, wie die aufgenommene Kohlenſäure unmittelbarer nothwendiger Beſtandtheil des chlorophyllhaltigen, belichteten Protoplasma bleibt. Wollte man aber ſagen — wie das wirklich geſchehen iſt — die Pilze vermöchten ſich nur aus aſſimilirten Stoffen zu ernähren und die Weinſäure ſei eine ſolche aſſimilirte Verbindung, ſo gelangt man nothwendig zu der unſinnigen Conſequenz, daſs ein Chemiker, welcher in ſeinem Laboratorium die Weinſäure ſynthetiſch darſtellte, dieſelbe *aſſimilirt* habe.

*) PASTEUR: Note relative au Penicillium glaucum et à la diſſymétrie moléculaire des produits organiques naturels. Comptes rendus. Band 51 S. 298. 1860 und: Recherches sur le mode de nutrition des Mucédinées; l. c. S. 709.



Nach den Resultaten von PASTEUR'S Untersuchungen lag es nahe, zu fragen, ob nicht noch einfachere Verbindungen als die Weinsäure zur Kohlenstoff-Ernährung von Pilzen ausreichen. Diese Frage wurde in Bezug auf die *Essigsäure* von ZÖLLER*) untersucht und in positivem Sinne beantwortet; diese Säure genügt für die Entwicklung von Schimmelpilzen als ausschliessliche Quelle des Kohlenstoffs.

Durch diese Untersuchungen von PASTEUR und ZÖLLER war insofern eine Basis für die Kenntniss der Kohlenstoffaneignung durch Pilze gewonnen, als festgestellt war, dass zwei der einfacher gebauten Carbonsäuren den Kohlenstoffbedarf eines Pilzes zu decken vermögen. Allein die Tartrat- und Acetatgruppe sind im Vergleich zur Carbonatgruppe immerhin noch relativ complicirte Atomgruppirungen und ein besseres Verständniss der Kohlenstoffernährung stand erst zu erwarten, wenn man die letzten, primären Atomgruppen, wie sie z. B. das Molecül der Essigsäure als nächste unmittelbare Bestandtheile zusammensetzen, auf ihren Ernährungswerth prüfte; das Ergebniss derartiger Versuche musste auch für die Kenntniss der Synthesen des vegetabilischen Protoplasma im Allgemeinen von grösstem Interesse sein und konnte zugleich für das Studium des Kohlenstoffassimilations-Processes in grünen Pflanzentheilen von Bedeutung werden; denn die Möglichkeit erscheint immerhin naheliegend, dass bei *allen* Protoplasma-Synthesen, wie sie durch den lebenden Organismus der Pflanzen vollzogen werden, stets gewisse constante Atomgruppen als Ausgangspunkt dienen.

Speculative Betrachtung und mannigfach variirte Versuche müssen zur Entscheidung der hier sich eröffnenden Fragen zusammenwirken, das Eine ohne das Andere wird schwerlich zu befriedigenden Resultaten zu führen vermögen.

Für theoretische Untersuchungen der Assimilations- und Stoffwechselvorgänge in der Pflanze besitzen wir eine zwar kurze, aber ausserordentlich wichtige Directive von berufenster Seite, nämlich von

*) Ueber Ernährung und Stoffbildung der Pilze. Sitzungsbericht d. physic. medic. Societät zu Erlangen v. 10. Juli 1871.

BAEYER*), welche, obwohl bereits im Jahre 1870 erſchienen, trotzdem in den ſeither herausgekommenen Handbüchern entweder gar nicht berückſichtigt oder doch nicht gebührend gewürdigt worden iſt. Aus dieſem Grunde möge es mir geſtattet ſein, etwas näher auf den Inhalt jener Ausführungen BAEYER'S einzugehen, wobei ich nur die bekannt gewordene Theorie dieſes Forſchers über den Formaldehyd als Aſſimilationsproduct des chlorophyllhaltigen Protoplasma nicht weiter berühre.

Nach BAEYER muſs die Abſpaltung von Waſſer bei den Umſetzungen innerhalb des Pflanzenkörpers eine ebenſo wichtige Rolle ſpielen, als z. B. die Oxydation. In den Verbindungen, welche aus C, H und O beſtehen, kann nun der Sauerſtoff nur vorkommen als C—OH, als C—O—C oder als C=O. Von dieſen Gruppirungen entſpricht C—O—C der Structur der Aether und Anhydride und läſst ſich in der Regel durch Waſſeraufnahme in 2 (C—OH) umwandeln, während die Gruppe C=O in Aldehyden, Ketonen und Säuren vorkommt. Wenn nun durch Waſſeraustritt aus einem entſprechenden Atomcomplexe zwei ungeſättigte Affinitäten entſtehen und dieſe ſich unter einander ſättigen, ſo bleibt von den urſprünglichen beiden OH-Gruppen ein O zurück, das entweder als Brücke zwiſchen zwei C Atomen dient oder nur an einem C haftet: das Reſultat dieſer *Anhydridbildung* iſt die Gruppe C—O—C oder C=O. Oder es werden durch Vereinigung von OH mit einem H, das an einem C ſitzt, zwei C-Affimitäten frei, welche ſich unter einander *einwerthig* binden, wenn ſie noch gar nicht oder *doppelt,* wenn ſie ſchon einfach verbunden waren: dies nennt BAEYER *Condenſation.* Endlich können die C-Atome auch ungeſättigt bleiben oder ſich anderweitig verbinden, zu den freien Affimitäten kann ſich auch wieder Waſſer oder eine davon abgeleitete Gruppe hinzuaddiren.

Anhydridbildung und Condenſation kann innerhalb eines Moleculs oder zwiſchen zwei verſchiedenen Molecülen erfolgen, der intramole-

*) Ueber die Waſſerentziehung und ihre Bedeutung für das Pflanzenleben und die Gährung. Ber. d. d. chem. Geſ. 1870. S. 63.

cularen Bindungen ſind wiederum drei zu unterſcheiden, je nachdem der Vorgang an denſelben, an zwei benachbarten oder an entfernteren Kohlenſtoffatomen ſtattfindet. Aeuſsere Anhydridbildung zeigen z. B. die Aetherarten, die Säureanhydride; für die Pflanzen ſind jedenfalls »äuſsere Condenſationen« von hervorragender Wichtigkeit, wobei ein OH des einen Moleclüls mit einem H des anderen Molecüls Waſſer bildet und beide Reſte ſich dann mit den freien Affinitäten verbinden, wie z. B. bei den Sulfoſäuren:

$$C_6H_6 + SO_2(OH)_2 = C_6H_5 \cdot SO_2OH + H_2O.$$

In analoger Weiſe muſs ſich auch Formaldehyd, der in wäſſriger Löſung als CH_2 $(OH)_2$ anzuſehen iſt, zu Zucker condenſiren. Es können auch zwei Kohlenſtoffatome, die ſchon mit einer Valenz an einander hingen, mit zwei Zugkräften gebunden werden. Gehen beide Reactionen zu gleicher Zeit vor ſich, ſo erhält man eine Condenſation, wie ſie Aldehyde und Ketone zeigen, und welche darin beſteht, daſs die Carbonylgruppe mit 2 H der Methylgruppe Waſſer bildet und beide Kohlenſtoffatome ſich mit zwei Affinitäten an einander ketten. Man kann dies auch ſo auffaſſen, daſs der O des CO ſich direkt mit H vereinigt, ſo bei Bildung der Zimmtſäure, des Meſityloxyds, des Phoron, des Cumarin aus Salicylaldehyd und Eſſigſäureanhydrid u. ſ. w.

Ohne alle Einzelheiten der BAEYER'ſchen Abhandlung zu berückſichtigen, dürfte ſchon aus dem Mitgetheilten einleuchten, daſs hier reichhaltige Geſichtspunkte für die Beurtheilung der Syntheſen im Protoplasma, wie ſie namentlich auch bei der Kohlenſtoffaſſimilation der Pilze unzweifelhaft ſtattfinden, geboten werden; an dieſer Stelle ſollte aber der Arbeit BAEYER'S zunächſt im hiſtoriſchen Zuſammenhange gedacht werden.

Einen werthvollen Verſuch, die Ergebniſſe theoretiſcher Combination durch Verſuche zu prüfen, und namentlich feſtzuſtellen, inwiefern die *chemiſche Structur* einer Kohlenſtoffverbindung im Zuſammenhang ſteht mit dem Vermögen, Schimmelpilze zu ernähren,

hat darauf A. STUTZER*) geliefert. Aus den Unterfuchungen STUTZER'S hebe ich folgende Ergebniffe hervor.

Von Kohlenftoffverbindungen werden durch Penicillium affimilirt: Glycerin, Milchfäure, Bernfteinfäure, Aethylalkohol, Aepfelfäure, Citronenfäure, Weinfäure, Glycerinfäure.

Als *nicht* affimilirbar erwiefen fich dagegen: Oxalfäure (fowohl frei wie auch als Ammoniumoxalat), Ameifenfäure, freie Butterfäure, freie Baldrianfäure, Amylalkohol, Acetaldehyd; die vier letzteren Verbindungen fcheinen zugleich antifeptifch zu wirken, indem ein Zufatz derfelben die Entwicklung von Penicillium in fonft geeigneten Nährlöfungen verhinderte.

In diefem Ergebniffe fieht STUTZER einerfeits einen Zufammenhang hervortreten zwifchen der Conftitution gewiffer Verbindungen und ihrem Vermögen, als Kohlenftoffquelle für Pilze zu dienen, zugleich aber auch den Einflufs gewiffer fpecififcher Eigenfchaften, wie fie fich z. B. im Verhalten der freien Butterfäure ausfpricht, während doch Effigfäure nach den Verfuchen von ZÖLLER Pilze zu ernähren vermag. Jedenfalls find nach STUTZER aufser der chemifchen Structur auch phyficalifche Eigenfchaften, z. B. Löslichkeitsverhältniffe, für die einfchlägigen Fragen mafsgebend. STUTZER glaubt fich zu folgenden allgemeinen Schlüffen aus feinen Verfuchen berechtigt:

1. Die Carboxylgruppe ernährt nicht.
2. Von carboxylirten Kohlenwafferftoffen können einige, wie Effigfäure und Bernfteinfäure direct als Kohlenftoffquelle für die Ernährung der Pilze dienen, während andere, wie Butterfäure und Baldrianfäure dies nicht vermögen.
3. Aehnlich verhält es fich mit den hydroxylirten Kohlenwafferftoffen: Zucker, Glycerin, auch Aethylalkohol ernähren, Amylalkohol nicht.
4. Die carboxylirten, hydroxylirten Kohlenwafferftoffe erwiefen fich, foweit unterfucht, als Nährftoffe.

---

*) Ueber Beziehungen zwifchen der chemifchen Conftitution gewiffer organifcher Verbindungen und ihrer phyfiologifchen Bedeutung für die Pflanze. Landw. Verfuchsftat. Bd. 21. (1878) S. 116ff.

5. Nicht affimilirbar find Kohlenoxyd und Acetaldehyd.

Aus den bisher referirten Unterfuchungen erhellt, dafs in Bezug auf die fogenannten »organifchen« Körper eine beträchtliche phyfiologifche Verfchiedenheit obwaltet, fofern einige derfelben die Kohlenftoff-Ernährung der Pilze zu unterhalten vermögen, andere nicht. Aus der Arbeit von STUTZER dürfte als wichtigftes Ergebnifs hervorzuheben fein, dafs zwei der einfachften organifchen Säuren, Ameifenfäure und Oxalfäure, nicht affimilirbar find.

In den Unterfuchungen von NÄGELI*) finden wir die gleiche Aufgabe, welche auch STUTZER fich geftellt hatte, mit reichhaltigerem Materiale in Angriff genommen. NÄGELI ftellt die Frage ganz allgemein fo: »Aus welchen Verbindungen vermögen die Pilze Kohlenftoff zu entnehmen, um ihre Subftanz zu vermehren«? Hierbei hebt NÄGELI zunächft hervor, dafs, wenn eine Verbindung nicht ernährt, die Urfache davon nicht nothwendig in ihrer chemifchen Conftitution zu liegen brauche. Unlösliche Verbindungen find als Nährftoffe jedenfalls ausgefchloffen; aber auch fehr fchwer lösliche find vielleicht darum aufser Stande, eine Trockengewichtsvermehrung des Pilzes herbeizuführen, weil der Pilz in gleicher Zeit mehr Subftanz durch Oxydation und Ausfcheidung verliert, als ihm zufliefst. Endlich kommt auch die Giftigkeit der Subftanzen in Betracht. Dennoch hebt NÄGELI mit befonderem Nachdruck die chemifche Conftitution fowohl der ernährenden als der nicht ernährenden Verbindungen hervor; nach feinen Verfuchen vermögen die meiften in Waffer löslichen Kohlenftoffverbindungen als Kohlenftoffquelle den Pilzen zu dienen; eine Ausnahme machen Ameifenfäure und Harnftoff, Oxalfäure und Oxamid. Hieraus folgert NÄGELI:

1. dafs »affimilirbare« Kohlenftoffverbindungen die Gruppe CH_2 oder CH enthalten müffen; die CH Gruppe ernährt aber nur dann, wenn zwei oder mehrere C Atome, an denen H hängt, unmittelbar mit einander verbunden find; daher möge es

*) Ernährung der niederen Pilze durch Kohlenftoff- und Stickftoffverbindungen. Sitzungsbericht der bayerifchen Akad. v. 5. Juli 1879.

kommen, dafs Methylamin und Benzoefäure ernähren, Ameifenfäure und Methylalkohol aber nicht affimilirt werden können.

2. Dafs der Kohlenftoff nicht affimilirt werden kann, wenn er nicht unmittelbar an H hängt, fondern an einem anderen Grundftoffe, wie im Cyan, dem Harnftoff, in der Oxalfäure.

Im Anfchlufs hieran weift NÄGELI darauf hin, wie bei der fehr verfchiedenen Ernährungstüchtigkeit der verfchiedenen Kohlenftoffverbindungen es nahe gelegt wird, »dafs Verbindungen am leichteften affimilirt werden, welche bereits eine Atomgruppe befitzen, wie fie die zu bildende Subftanz bedarf, und dafs eine Verbindung um fo weniger ernährt, je unvollftändiger fie diefe Gruppe enthält«. NÄGELI neigt zu der Annahme, dafs die »in dem erften Affimilationsproduct [der Pilze] enthaltene Atomgruppe aus zwei oder eher drei unmittelbar mit einander in einer Kette zufammenhängenden C Atomen, an denen unmittelbar fowohl H als O Atome befeftigt find, beftehen mufs, und dafs durch Verdoppelung daraus zunächft eine 4 oder 6 C Atome enthaltende Gruppe fich bildet.« Damit im Zufammenhang foll die von NÄGELI gefundene Thatfache ftehen, dafs Verbindungen mit *einem* C Atom fchwierig (Methylamin) oder gar nicht (Ameifenfäure) affimilirt werden, »dafs mit der fteigenden Zahl der unmittelbar zufammenhängenden C Atome die Affimilation beffer von ftatten geht« (Asparagin, Leucin); ferner verhält fich nach NÄGELI die Gruppe CH_2 OH unter übrigens gleichen Umftänden günftiger als CH_3; Verbindungen mit mehreren C Atomen der C Gruppen, die durch N oder O verbunden find, follen nicht beffer ernähren, als folche, in denen die Gruppe nur einmal vorhanden ift (Trimethylamin nicht beffer als Methylamin).

Es war nöthig, das theoretifche Hauptergebnifs, zu welchem NÄGELI durch feine Unterfuchungen gelangte, hier möglichft vollftändig aufzunehmen; in Bezug auf andere werthvolle und wichtige Gedanken mufs auf die Originalabhandlung verwiefen werden; nur angedeutet mag noch werden, dafs NÄGELI als ein ferneres wichtiges Moment für die gröfsere oder geringere Affimilirbarkeit einer Verbindung ihre Widerftandsfähigkeit gegen Zerfetzungen betrachtet.

Auf die fehr bedeutenden Schwierigkeiten, welche der ficheren Feftftellung einer Scala der »Ernährungstüchtigkeit« oder »Affimilationsfähigkeit« der verfchiedenen Kohlenftoffverbindungen entgegenftehen, weift NÄGELI felbft hin; mir fcheinen diefe Schwierigkeiten noch gröfser zu fein, als NÄGELI annimmt, denn mir ift es in verfchiedenen Verfuchsreihen nicht gelungen, einen conftanten quantitativen Nährwerth für gewiffe Verbindungen zu ermitteln. In den fpäter anzuführenden eigenen Unterfuchungen habe ich daher von derartigen quantitativen Beftimmungen gänzlich Abftand genommen. Nur auf einen Punkt möchte ich noch mit NÄGELI hinweifen, nämlich auf die verhältnifsmäfsig fo überrafchende Wirkung des Zuckers; diefelbe fcheint mir darauf hinzudeuten, dafs es in der Kohlenftoffaffimilation auch der Pilze fich in erfter Linie immer um die Synthefe eines Kohlenhydrats als Ausgangspunkt aller weiteren Stoffbewegung handelt und dafs das Wachsthum des Pilzes am beften von Statten geht, wenn demfelben ein fertiges Kohlenhydrat als Nährftoff dargeboten wird. Von NÄGELI werden übrigens andere Gründe als der foeben geltend gemachte für die leichte Affimilirbarkeit des Zuckers angeführt.

Es mögen nun aus dem fpeciellen Theile der Arbeit von NÄGELI die Verbindungen hier genannt werden, welche fich als Kohlenftoffquelle für Pilze entweder tauglich oder untauglich erweifen.

a) Die Pilze können nach NÄGELI*) und LÖW den Kohlenftoff affimiliren aus: Citronenfäure, Effigfäure, Rohrzucker, Glycerin, Afparagin, Milchfäure, Bernfteinfäure, *Phenol*, *Salicylfäure*, Aethylalkohol, *Methylamin***), *Acetamid*, *Propylamin*, *Ifobutylalkohol*, *Pyrogallol*, Gerbfäure, Chinafäure.

b) Die Pilze können nach NÄGELI und LÖW den Kohlenftoff *nicht* affimiliren aus: Oxalfäure, *Humin*, *Harnftoff*, Ameifenfäure, *Oxamid*; *Aethylamin*, *Trimethylamin*.

---

*) Diejenigen Verbindungen, bei denen die betreffende Eigenfchaft von NÄGELI zuerft feftgeftellt worden, find durch *paffende* Schrift hervorgehoben.

**) Die Amine wurden als falzfaure Verbindungen angewandt.

c) Zweifelhafte Refultate ergaben: Butterfäure, Baldrianfäure (als Ammonverbindungen) Glycocoll, Acetanilid, Salicin.

Wenn ich nunmehr zur Mittheilung der Refultate meiner eigenen Studien übergehe, fo mufs ich zuvörderft Ziel und Methode der Unterfuchung mit wenigen Worten erläutern. Die Frage, welche ich mir geftellt, war die gleiche, welche auch meine Vorgänger auf diefem Gebiete, STUTZER und NÄGELI, zu beantworten fuchten: aus welchen Verbindungen vermag Penicillium glaucum, beziehungsweife andere Pilze, Kohlenftoff zu affimiliren, und in welchem Zufammenhange fteht die Affimilationsfähigkeit einer Subftanz mit ihrer chemifchen Structur?

Von quantitativen Beftimmungen der Ernteergebniffe habe ich abgefehen, weil die dafür erforderliche Mühe keineswegs durch genügend übereinftimmende Refultate aufgewogen wird. Ob z. B. Penicillium durch eine Löfung ernährt wird oder nicht, entfchied ich einfach dadurch, ob bei möglichfter Gleichartigkeit der Bedingungen das eine Mal in einer mit Sporen befäten Nährlöfung üppige Rafen bis zur Sporenbildung fich entwickelten oder nicht. Ob ein Nährftoff mehr oder weniger günftig ernährt, habe ich nur dann befonders betont, wenn eine ganz eklatante Differenz beftand, wenn in einem Fall in einigen Tagen oder Wochen üppige Entwicklung erfolgte, in anderen erft nach längerer Zeit wenige langfam wachfende Pilzflocken erfchienen. Die Annahme ift wohl naheliegend, dafs nur in erfterem Falle die Subftanz felbft, oder ihre nächften Spaltungsproducte direkt als Bauftoff für die Synthefe der Componenten des Protoplasma verbraucht werden konnten, während im zweiten Falle erft durch intermediäre Proceffe aus dem angewandten Körper wirkliche Nährftoffe hergeftellt werden konnten. Immerhin ift diefe letztere Kategorie von Verbindungen für die Affimilation des Kohlenftoffs indirekt verwerthbar, während eine dritte Gruppe, darin der Kohlenfäure entfprechend, in keiner Weife durch den Einflufs der Pilze zu einem Nährftoff umgeftaltet werden kann.

Bei diefer Limitation der Aufgabe geftaltete fich das Beobachtungsverfahren fehr einfach. Mit Hilfe von *reinftem* deftillirtem Waffer

ward eine mineralische Nährlösung aus Ammoniumphosphat, Kaliumphosphat, Magnesiumsulphat, Calciumchlorid in der von NÄGELI meist benutzten procentischen Zusammensetzung oder etwas verdünnter hergestellt, dann die zu untersuchende Kohlenstoffverbindung hinzugefügt; in allen Fällen, wo Säurung, beziehungsweise Neutralisirung nöthig war, d. h. wo die Substanz nicht schon selbst sauer reagirte, wurde sehr verdünnte Schwefelsäure, die sich mir für Pilzculturen am günstigsten erwies, tropfenweise hinzugefügt, so dass immer schwach schwefelsaure, seltener neutrale Nährlösungen in Anwendung kamen. Als Culturgefässe dienten kleine Bechergläser von 50 *mm* Höhe und 40 *mm* im Lichten; sie wurden zur Hälfte zunächst mit der mineralischen Nährlösung angefüllt, was einem Flüssigkeitsvolum von ungefähr 30 cm entspricht, dann die Kohlenstoffverbindung zugesetzt, letztere, wo es nöthig war, durch Kochen gelöst, Sporen von Penicillium darin ausgesät, hierauf das Glas durch einen Deckel von Filtrirpapier gegen Staub geschützt und das so beschickte Gefäss bei Zimmertemperatur in einem verschlossenen, also dunklen Schranke aufbewahrt.

Von entscheidender Wichtigkeit war für das zu erlangende Ergebniss der Versuche natürlich die Reinheit der Reagentien. Alle von mir angewandten Kohlenstoffverbindungen — mit Ausnahme von wenigen, bei welchen ich es meist ausdrücklich bemerkte — sind aus der rühmlichst bekannten Fabrik des Herrn KAHLBAUM in Berlin bezogen worden. Wo es nöthig erschien, wurden dieselben, soweit ihre Beschaffenheit es erlaubte, umkrystallisirt. Es bleibt nun aber zu bemerken, dass auch wiederholtes Umkrystallisiren oder Destilliren keine vollkommene Garantie für die *absolute* Reinheit eines Körpers gewährt. Ich glaube eine sichere Gewähr dafür, dass in einem Versuche wirklich die Eigenschaft der angewandten Substanz zu einem reinen Ausdruck gelangt, dadurch gewonnen zu haben, dass ich die auf ihr Ernährungsvermögen zu prüfenden Stoffe in möglichst geringer Menge anwandte. War dann noch eine Verunreinigung vorhanden, so wurde die verunreinigende Substanz durch äusserste Verdünnung unschädlich gemacht. Zu diesem Behufe setzte ich zu dem für den

einzelnen Verſuch angewandten Volum Nährlöſung von 30 *ccm* 2 Tropfen, alſo 0,1 bis 0,2 *ccm* einer zu prüfenden Flüſſigkeit, z. B. von Eſſigſäure, und von feſten Körpern eine entſprechende Menge, alſo gegen 0,2 *g*, ſo daſs durchſchnittlich mit einer ½ procentigen Löſung der betreffenden Kohlenſtoffverbindung experimentirt wurde; bei ſehr ſchwer löslichen Subſtanzen war die Verdünnung eine noch gröſsere. Für einen Erſatz des verdunſtenden Waſſers wurde in geeigneter Weiſe Sorge getragen.

Bei meinen Unterſuchungen ging ich von der Vorausſetzung aus, daſs nur Verbindungen, welche die Grundſtoffe C, H und O oder C, H und N enthalten, aſſimilirbar ſind, daſs ſpeciell der Kohlenſtoff aus Verbindungen, welche nur C und H, oder C und O, oder C und N u. ſ. w. beſitzen, nicht aufgenommen werden kann; demnach kamen nur Verbindungen der bezeichneten Beſchaffenheit für mich in Frage, ſind doch auch Kohlenwaſſerſtoffe ſchon durch ihre Unlöslichkeit in Waſſer zur Ernährung der Pilze ungeeignet. In der folgenden Zuſammenſtellung ſind auch die älteren Beobachtungen von PASTEUR, ZÖLLER, STUTZER, NÄGELI mit aufgenommen worden, weil dadurch ein abgeſchloſſenes Bild der ganzen vorhandenen Unterſuchungen gewährt wird; die fremden Beobachtungen ſind gegen die meinigen durch kleinere Schrift hervorgehoben. Endlich bemerke ich noch, daſs es mir practiſch erſchien, die Formeln der Verbindungen mit hierher zu ſetzen, bald mit mehr, bald mit weniger ausführlicher Angabe der Structur; in den meiſten Fällen dürften ja nur gewiſſe Atomcomplexe als nähere Beſtandtheile in Betracht kommen.

Carbonsäuren.

Ich beginne mit den kohlenſtoffhaltigen Säuren, weil von dieſen gewiſſe Glieder unzweifelhaft zur Ernährung der Pilze genügen, andere ebenſo unzweifelhaft ſich dazu als unfähig erweiſen; es muſs daher der Verſuch gemacht werden können, ſchon innerhalb des Kreiſes der Carbonſäuren diejenigen Atomgruppen feſtzuſtellen, welche für den Aufbau der Conſtituenten des Protoplasma unerläſslich ſind.

Ameifenfäure $H-C(=O)-OH$

Nicht affimilirbar (STUTZER)

Effigfäure CH_3-COOH

Affimilirbar (ZÖLLER)

Propionfäure CH_3-CH_2-COOH Ich erhielt beim Zufatz von wenig freier Säure zur Nährlöfung keine Pilzentwicklung, wohl aber bei Verwendung von Ammoniumpropionat eine üppige Vegetation von Penicillium.

Butterfäure $CH_3-CH_2-CH_2-COOH$.

Nicht affimilirbar (STUTZER)

Ammoniumbutyrat dagegen gewährte eine reichliche Entwicklung von Penicillium.

Baldrianfäure $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-COOH$ verhielt fich der freien Butterfäure gleich, (STUTZER) während in Ammoniumvalerianat nach 7 Tagen fich Penicillium gut entwickelt hatte.

Capronfäure $C_6 N_{12} O_2$ verhält fich wie Butterfäure und Baldrianfäure, wobei zu bemerken, dafs diefelbe mit Waffer kaum noch mifchbar ift; in Ammoniumcapronat dagegen nach 10 Tagen eine lebhafte Schimmelbildung.

Oxyameisensäure (Kohlensäure)

$$\begin{array}{l} OH \\ | \\ COOH \end{array}$$

Bekanntermaßen nicht assimilirbar.

Oxyessigsäure (Glycolsäure)

$$\begin{array}{l} OH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ COOH \end{array}$$

Angewandt als Calciumglycolat unter Zusatz einer Spur von Schwefelsäure; nach 7 Tagen starke Schimmelbildung.

Oxypropionsäure (Milchsäure)

$$\begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CH-OH \\ | \\ COOH \end{array}$$

Assimilirbar (STUTZER).

Oxyisobuttersäure

$$\begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CH_3-OH \\ | \\ COOH \end{array}$$

Am 6. Tage starke Pilzentwicklung.

Dioxybuttersäure (Glycerinsäure)

$$\begin{array}{l} OH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH-OH \\ | \\ COOH \end{array}$$

Assimilirbar (STUTZER).

Oxalsäure

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH \end{array}$$

Nicht assimilirbar (STUTZER).

Malonsäure

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ COOH \end{array}$$

Nach 7 Tagen starke Schimmelbildung.

Bernsteinsäure

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ COOH \end{array}$$

Assimilirbar (STUTZER).

Brenzweinſäure

$$\begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CH—COOH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ COOH \end{array}$$

Nach 6 Tagen ſtarke Pilzentwicklung.

Oxybernſteinſäure (Aepfelſäure)

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH—OH \\ | \\ COOH \end{array}$$

Aſſimilirbar (STUTZER).

Dioxybernſteinſäure (Weinſäure)

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ CH—OH \\ | \\ CH—OH \\ | \\ COOH \end{array}$$

Aſſimilirbar (PASTEUR).

Traubenſäure (2 Mol. Weinſäure).

Aſſimilirbar (PASTEUR).

Schleimſäure

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ CH—OH \\ | \\ CH—OH \\ | \\ CH—OH \\ | \\ CH—OH \\ | \\ COOH \end{array}$$

Nach 7 Tagen ſtarke Pilzentwicklung.

Citronenſäure

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ C \begin{array}{l} — OH \\ — COOH \end{array} \\ | \\ CH_2 \\ | \\ COOH \end{array}$$

Aſſimilirbar (STUTZER).

$$\text{\textit{Fumarſäure}}\quad \begin{array}{c} COOH \\ | \\ CH \\ \| \\ CH \\ | \\ COOH \end{array}$$

Nach 6 Tagen ſtarke Pilzentwicklung.

$$\text{\textit{Itaconſäure}}\quad \begin{array}{l} CH_2 \\ \\ C—COOH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ COOH \end{array}$$

Nach 9 Tagen kräftige Pilzentwicklung.

$$\text{\textit{Aconitſäure}}\quad \begin{array}{l} COOH \\ | \\ CH \\ \| \\ C—COOH \\ | \\ CH_2 \\ | \\ COOH \end{array}$$

Nach 6 Tagen ſtarke Pilzentwicklung.

$$\text{\textit{Brenztraubenſäure}}\quad \begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CO \\ | \\ COOH \end{array}$$

Nach 6 Tagen lebhafte Pilzentwicklung.

$$\text{\textit{Methylſchwefelſäure}}\quad SO_2 \begin{array}{l} \diagup O—CH_3 \\ \diagdown OH \end{array}$$

Als Kaliumſalz zugeſetzt und durch eine Spur von Schwefelſäure angeſäuert.

Nach 10 Tagen kräftige Schimmelvegetation.

$$\text{\textit{Aethylſchwefelſäure}}\quad SO_2 \begin{array}{l} \diagup O—C_2H_5 \\ \diagdown OH \end{array}$$

(Kaliumſalz).

Nach 14 Tagen kräftige Schimmelbildung.

Amylschwefelsäure $SO_2\begin{matrix}\diagup O—C_5H_{11}\\ \diagdown OH\end{matrix}$

(Kaliumsalz).

Nach 10 Tagen lebhafte Pilzentwicklung.

Benzoesäure $\begin{matrix}C_6H_5\\ |\\ COOH\end{matrix}$

lieferte als Ammonsalz in 14 Tagen eine üppige Pilzentwicklung.

Salicylsäure $C_6H_4\begin{matrix}\diagup OH\\ \diagdown COOH\end{matrix}$

Ernährt (NÄGELI).

Protocatechusäure $C_6H_3\begin{matrix}\diagup OH\\ — OH\\ \diagdown COOH\end{matrix}$

Nach 7 Tagen starke Pilzentwicklung.

Gallussäure $C_6H_2\begin{matrix}OH\\ OH\\ OH\\ COOH\end{matrix}$

Nach 7 Tagen starke Pilzentwicklung.

Tannin = Digallussäure $C_{14}H_{10}O_9$

Ernährt (NÄGELI).

Mandelsäure $C_6H_5—CH\begin{matrix}\diagup OH\\ \diagdown COOH\end{matrix}$

Nach 7 Tagen starke Pilzentwicklung.

Anissäure $C_6H_4\begin{matrix}\diagup O—CH_3\\ \diagdown COOH\end{matrix}$

Lieferte, wenn als freie Säure in der Nährlösung durch Kochen theilweise gelöst keinerlei Pilzvegetation; als Ammonsalz dagegen ergab es eine deutliche Pilzentwicklung.

Chinasäure $C_6H_7\begin{matrix}OH\\ OH\\ OH\\ OH\\ COOH\end{matrix}$

Ernährt (NÄGELI).

Alkohole.

Methylalkohol CH_3—OH.

Die mit etwas Alkohol verfetzte Nährlöfung zeigte nach mehrwöchentlichem Stehen eine fchwache Trübung durch Spaltpilze.

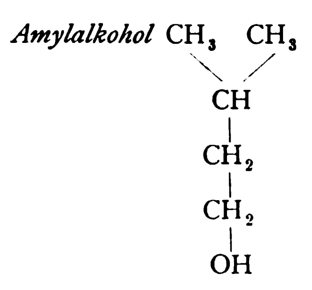
Aethylalkohol wirkt nach STUTZER ernährend; NÄGELI wandte denfelben in Verbindung mit Harnftoff und Mineralfalzen an und bemerkt über das Ergebnifs: »Ein Glas im Brütkaften zeigte mäffige Spaltpilzbildung mit faurer Reaktion, nachher eine dicke Schimmeldecke. Ein anderes Glas bei Zimmertemperatur ergab eine fehr reichliche Spaltpilzvegetation mit fchwach alkalifcher Reaktion«. Bei meinen Verfuchen ftellten fich zunächft Bacterien in Menge ein und erft nach längerer Zeit entwickelten die gleich anfänglich ausgefäten Sporen dichte Penicilliumrafen. Ich vermuthe, dafs die Entwicklung des letzteren erft auf Koften von Effigfäure ftattfand, welche durch die Spaltpilze gebildet worden war.

Propylalkohol CH_3—CH_2—CH_2—OH

verhielt fich dem Aethylalkohol gleich; die Schimmelentwicklung, welche bei ftärkerem Zufatz von Propionfäure nicht beobachtet wurde, ift vielleicht durch die allmählige Bildung der Säure (die demnach höchft verdünnt zur Geltung kam) unter dem Einflufs der Spaltpilze erklärbar.

Ifobutylalkohol $(CH_3)_2$CH—CH_2—OH

Zeigte nur eine ftarke Trübung durch Spaltpilze.



erwies ſich in den Verſuchen von STUTZER ernährungsuntüchtig; bei mir bildeten ſich darin, wenn er ſehr verdünnt zugeſetzt ward, Spaltpilze.

$$\begin{array}{l} CH_2 \\ \| \\ CH \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$
Allylalkohol

Die Löſung blieb 4 Wochen lang pilzfrei.

Trimethylcarbinol
$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3{-}C{-}OH \\ | \\ CH_3 \end{array}$$

Nach 14 Tagen eine ſchwache Trübung durch Spaltpilze.

Dimethyläthylcarbinol
$$\begin{array}{l} CH_3 \quad CH_3 \\ \quad \searrow \; \swarrow \\ \quad\; C{-}OH \\ \quad\; | \\ \quad\; CH_2 \\ \quad\; | \\ \quad\; CH_3 \end{array}$$

Nach 8 Tagen lebhafte Entwicklung von Spaltpilzen.

Aethylenglycol
$$\begin{array}{l} CH_2{-}OH \\ | \\ CH_2{-}OH \end{array}$$

Zunächſt ſchwache Trübung durch Spaltpilze; ſpäter kräftige Schimmelentwicklung.

Pinakon $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} \!\!>\! \underset{OH}{C} - \underset{OH}{C} \!<\!\! \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}$

Anfangs Trübung durch Spaltpilze; nach längerem Stehen Schimmelentwicklung.

Glycerin $CH_2{-}OH \,|\, CH{-}OH \,|\, CH_2{-}OH$

Ernährt (Nägeli).

Erythrit $CH_2{-}OH \,|\, CH{-}OH \,|\, CH{-}OH \,|\, CH_2{-}OH$

In 8 Tagen kräftige Schimmelbildung.

Dulcit $C_6H_8(OH)_6$

In 8 Tagen Schimmelentwicklung.

Mannit $C_6H_8(OH)_6$

Ernährt (Nägeli)

Phenol $C_6H_5{-}OH$

Ernährt (Nägeli).

Brenzcatechin $C_6H_4\begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix}$

Nach 6 Tagen trübe von Spaltpilzen.

Reforcin $C_6H_4\begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix}$

Nach 6 Tagen Entwickung von Schimmelpilzen, nach einigen Wochen dicke, Conidien tragende Rafen.

Hydrochinon $C_6H_4\begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix}$

Wie Reforcin.

Orcin $C_6H_3(OH)_2$ — CH_3

Wie Reforcin.

Benzylalkohol $C_6H_5—CH_2—OH$

Im Laufe von 3 Wochen zeigte fich eine mäfsige Entwicklung von Spalt- und Schimmelpilzen.

Aldehyde und deren Derivate.

Acetaldehyd $CH_3—CH=O$

Ernährt nicht (STUTZER).

Acetaldehydammoniak $CH_3—CH(OH)(NH_2)$

Mit Schwefelfäure neutralifirt: Die Löfung bleibt pilzfrei.

Methylal $H—C(O—CH_3)(O—CH_3)—H$

Nach 14 Tagen nur etwas trübe durch Spaltpilze; nach 4 Wochen üppige Pilzentwicklung.

Dimethylacetal $H—C(O—CH_3)(O—CH_3)—CH_3$

Wie Methylal.

Oxymethylen $C_3H_6O_3$

Die Subftanz, wovon ich ein fehr reines Präparat Herrn Prof. TOLLENS verdanke, ward durch Erwärmen in einer durch Ammoniak

alkalifch gemachten Flüffigkeit gelöft, dann durch Schwefelfäure bis zur fchwach fauren Reaction neutralifirt.

Nach 8 Tagen deutliche Pilzentwicklung, (einige fchwimmende Rafen mit Conidienträgern).

Furfurol $C^4H^3O—CHO$

Keine Pilzentwicklung.

Benzaldehyd $C^6H^5—CHO$

Keine Pilzenwicklung.

Salicylaldehyd $C^6H^4 \begin{cases} OH \\ CHO \end{cases}$

Keine Pilzentwicklung; nach monatelangem Stehen am Rande einige Bacterien.

Lösliche *Kohlenhydrate*, namentlich *Zuckerarten* find bekanntlich gute Nährftoffe für Pilze, wie fpeciell durch PASTEUR und NÄGELI gezeigt wurde.

Ketone.

Aceton $CO \begin{cases} CH_3 \\ CH_3 \end{cases}$

Nach 10 Tagen fchwache Trübung durch Bacterien und kleine Pilzflocken.

Acetophenon $CO \begin{cases} CH_3 \\ C_6H_5 \end{cases}$

Nach 4 Wochen Pilzflocken.

Aether.

Aethyläther $\begin{matrix} C_2H_5 \\ C_2H_5 \end{matrix} \rangle O$

Keine Pilzentwicklung.

Cumarin $C_6H_4 \begin{cases} O — \\ C_2H_2 — \end{cases} CO$

Keine Pilzentwicklung.

Ester.*)

Methylformiat $HCO —CH_3$

Die Flüffigkeit bleibt klar.

Aethylformiat $HCO_2—C_2H_5$

Nach 10 Tagen Trübung durch Spaltpilze.

Propylformiat $HCO_2—C_3N_7$

Nach 6 Tagen Spaltpilze.

Ifobutylformiat $HCO_2—C_4H_9$

Nach 6 Tagen Spaltpilze; nach 4 Wochen geringe Mengen von Schimmel.

Amylformiat $HCO —C_5H_{11}$

Bleibt klar.

Methylacetat $C_2H_3O_2—CH_3$

Trübung durch Spaltpilze, dann Schimmelbildung.

Aethylacetat $C_2H_3O_2—C_2H_5$

Nach 8 Tagen Trübung durch Spaltpilze; nach 4 Wochen Schimmelrafen.

Propylacetat $C_2H_3O_2—C_3H_7$

Nach 6 Tagen Spaltpilze.

Ifobutylacetat $C_2H_3O_2—C_4H_9$

Ebenfo.

Amylacetat $C_2H_3O_2—C_5H_{11}$

Ebenfo.

Allylacetat $C_2H_3O_2—C_2H_3$

In 14 Tagen Entwicklung von Schimmel nach voraufgegangener Trübung durch Bacterien.

Methylpropionat $C_3H_5O_2—CH_3$

Ebenfo.

Acthylpropionat $C_3H_5O_2—C_2H_5$

Ebenfo.

Propylpropionat $C_3H_5O_2—C_3H_7$

Ebenfo.

---

*) Die Lösungen wurden, wie auch alle übrigen, mindestens 6 Wochen lang beobachtet.

Amylpropionat $C_3H_5O_2—C_5H_{11}$

Ebenſo.

Aethylbutyrat $C_4H_7O_2—C_2H_5$

Ebenſo.

Acetesſigäther $CO\begin{matrix}\diagup CH_3 \\ \diagdown CH_2—CO_2—C_2H_5\end{matrix}$

In 14 Tagen Trübung durch Spaltpilze.

Aethylcarbonat $C(O—C_2H_5)_4$

Klar ohne Pilze.

Methyloxalat $C_2O_2(O—CH_3)_2$

In 14 Tagen ſchwache Schimmelbildung.

Aethyloxalat $C_2O_2(O—C_2H_5)_2$

Blieb klar.

Aethylmalonat $CH_2(CO_2\ \ C_2H_5)_2$

Nach 6 Tagen reichliche Entwicklung von Spaltpilzen, aber auch ſchon Schimmelpilze; letztere nahmen dann bald überhand.

Aethylſuccinat $C_2H_4(CO_2—C\ H_5)_2$

Wie voriges.

Aethylenmonacetat $C_2H_4OH—C_2H_3O_2$

In 14 Tagen Pilzentwicklung.

Amine und verwandte Basen.

Methylamin $CH_3—NH_2$

Ernährt (NÄGELI).

Ich fand reichliche Schimmelbildung im Methylamin bei Neutraliſiren mit Schwefelſäure.

Aethylamin $C_2H_5—NH_2$

Ernährt (NÄGELI).

Wie voriges.

Propylamin $C_3H_7—NH_2$

Ernährt (NÄGELI).

Wie voriges.

Allylamin $C_3H_5—NH_2$

Wie voriges.

Dimethylamin $(CH_3)_2$ NH

In 8 Tagen Schimmelentwicklung.

Diäthylamin $(C_2H_5)_2$ NH

Wie voriges.

Trimethylamin $(CH_3)_3$ N

Ernährt (NÄGELI).

In 8 Tagen reichliche Schimmelvegetation.

Triäthylamin $(C_2H_5)_3$ N

In 8 Tagen reichliche Pilzentwicklung.

Tetramethylammoniumhydroxyd $OH(CH_3)_4$ N

In Sulfat übergeführt.

Wie voriges.

Tetraäthylammoniumhydroxyd $OH(C_2H_5)_4$ N

Wie voriges.

Neurin $(CH_3)_3$ N $\begin{matrix} \diagup CH{=}CH_2 \\ \diagdown OH \end{matrix}$

In 8 Tagen reichliche Schimmelentwicklung.

Anilin $C_6H_5{-}NH_2$

Ernährt (NÄGELI)

Ich erhielt nur Spaltpilze.

Dimethylanilin $C_6H_5(CH_3)_2$ N

Im Verlauf mehrerer Wochen Trübung durch Spaltpilze.

Diphenylamin $(C_6H_5)_2$ NH

Die Lösung blieb klar.

Nitrile

Blausäure H—CN

Ernährt nicht.

Acetonitril $CH_3{-}CN$

Im Laufe von 14 Tagen Schimmelentwicklung, zugleich Spaltpilze.

Propionitril $C_2H_5{-}CN$

Spaltpilze.

Capronitril $C_5H_{11}{-}CN$

Spaltpilze.

Benzonitril $C_6H_5—CN$

Im Laufe dreier Wochen erst Bacterien, dann Schimmelpilze.

Amidosäuren.

Glycocoll $\begin{array}{l} CH_2—NH_2 \\ | \\ COOH \end{array}$

In 8 Tagen üppige Schimmelentwicklung.

Sarkosin $\begin{array}{l} CH_2—NH—CH_3 \\ | \\ COOH \end{array}$

In 8 Tagen massenhafte Bakterien.

Alanin $\begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CH—NH_2 \\ | \\ COOH \end{array}$

Nach 8 Tagen ſtarke Trübung durch Spaltpilze.

Leucin $\begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ (CH_2)_3 \\ | \\ CH-NH_2 \\ | \\ COOH \end{array}$

Ernährt (NÄGELI).

Säureamide

Formamid $CHO—NH_2$

Die Lösung bleibt vollkommen klar.

Acetamid $C_2H_3O—NH_2$

Ernährt (NÄGELI).

Propionamid $C_3H_5O—NH_2$

In 8 Tagen kräftige Schimmelentwicklung.

Oxamid $C_2O_2 \begin{array}{l} \diagup NH_2 \\ \diagdown NH_2 \end{array}$

Ernährt nicht (NÄGELI).

Dimethyloxamid $C_2O_2 \begin{array}{l} \diagup NH-CH_3 \\ \diagdown NH—CH_3 \end{array}$

In 8 Tagen Schimmelentwicklung.

Diäthyloxamid $C_2O_2 \begin{cases} NH-C_2H_5 \\ NH-C_2H_5 \end{cases}$

Wie voriges.

Asparagin $\begin{array}{l} NH_2-CH-COOH \\ \quad\quad | \\ \quad\quad CH_2-CO-NH_2 \end{array}$

Ernährt (NÄGELI).

Benzamid $C_6H_5-CO-NH_2$

Die Lösung blieb 4 Wochen klar.

Acetanilid $C_6H_5-NH-CO-CH_3$

Im Laufe dreier Wochen lebhafte Schimmelbildung.

Ureide.

Harnstoff $CO \begin{cases} NH_2 \\ NH_2 \end{cases}$

Ernährt nicht (NÄGELI).

Parabansäure $CO \begin{cases} NH-CO \\ \quad\quad | \\ NH-CO \end{cases}$

In 8 Tagen reichliche Entwicklung von Penicillium.

Der erste Versuch war angestellt mit einem von Herrn KAHLBAUM bezogenen Präparate; das Ergebniss war aber das gleiche, als ich ein unzweifelhaft sehr reines Präparat verwendete, welches ich der Güte des Herrn Prof. TOLLENS verdanke.

Alloxan $CO \begin{cases} NH-CO \\ NH-CO \end{cases} CO$

Keine Schimmelentwicklung.

Allantoin $CO \begin{cases} NH-CH-NH \\ \quad\quad | \\ NH-CO \end{cases} CO-NH_2$

Ich verdanke das aus Platanenknospen hergestellte Präparat Herrn Prof. E. SCHULZE. In der Lösung zeigte sich nach 8 Tagen eine lebhafte Entwicklung von Penicillium.

```
                 CH₃
                 |
                 N——C=N
               /    |   \
Theobromin  CO      C—N< CO
               \    ||  \
                 NH—CH   CH₃
```

Die Löſung blieb 4 Wochen lang klar.

```
             CH₃
             |
             N—C=N
           /   |   \
Caffein  CO    C—N< CO
           \   ||  \
             N—CH   CH₃
             |
             CH₃
```

Die Löſung ward nach einigen Wochen etwas von Spaltpilzen getrübt, ohne Schimmelentwicklung.

Wenn wir nunmehr an den Verſuch herantreten, die im Vorſtehenden aufgeführten Beobachtungsergebniſſe für das Studium der Kohlenſtoffaſſimilation und der conſtructiven Stoffmetarmorphoſe in der Pflanzenzelle zu verwerthen, ſo wird uns alsbald das Fragmentariſche, die Lückenhaftigkeit des hier gebotenen Materials beſonders in den Widerſprüchen entgegentreten, welche das Verhalten von oft einander nahe ſtehenden und analog gebauten Körpern darbietet. Obgleich ich zahlreichere Verbindungen auf ihren Nährwerth geprüft habe, als meine Vorgänger, ſo ſpringt doch gerade aus meinen Unterſuchungen hervor, wie wichtig und wünſchenswerth es wäre, noch viele andere Körper zu ſtudiren; ja, das Verhalten der unterſuchten Stoffe drängt häufig genug, ganz beſtimmte Verbindungen als intereſſant und wichtig in's Auge zu faſſen, die ich aber leider nicht berückſichtigen konnte, weil mir das Material dazu fehlte.

Zuvörderſt dürfte es zweckmäſsig ſein, zu prüfen, ob die von STUTZER und NÄGELI ausgeſprochenen Sätze über den Zuſammenhang der Structur und des Nährwerthes der Verbindungen durchweg durch meine Beobachtungen eine Beſtätigung erfahren.

Nach STUTZER kommen für die Ernährung Kohlenwafferftoffgruppen in Betracht, welche mit Hydroxylgruppen in Zufammenhang ftehen. Er fpricht dann zunächft den »carboxylirten Kohlenwafferftoffen», d. h. den Carbonfäuren, nur theilweife die Fähigkeit zu, zu ernähren, manchen Säuren, wie der Butterfäure, fpricht er diefe Fähigkeit ab. Ebenfo urtheilt er über die »hydroxylirten Kohlenwafferftoffe», alfo Verbindungen mit alkoholifchen Gruppen, während alle von ihm (allerdings keine grofse Zahl) unterfuchten »carboxylirten hydroxylirten Kohlenwafferftoffe», alfo Carbonfäuren mit alkoholifchen Gruppen, fich als Nährftoffe erweifen.

Ich möchte dem gegenüber zunächft hervorheben, dafs, wenn wir von der Kohlenfäure, der Ameifenfäure und Oxalfäure abfehen, fämmtliche von STUTZER, NÄGELI und mir unterfuchte Carbonfäuren fich als ernährungstüchtig erwiefen haben; wobei allerdings hervorzuheben ift, dafs fie eventuell nur als Salz angewendet werden dürfen; fo ernährt z. B. die Butyratgruppe ganz entfchieden, nicht aber die *freie* Butterfäure; ähnlich verhält fich die Propionfäure, und auch die Acetatgruppe ift wahrfcheinlich im Salz ein geeigneterer Nährftoff, als in der freien Effigfäure.

Das Verhalten der homologen Glieder aus der Reihe der Effigfäure — die im freien Zuftande ficher ernährt — zeigt uns zugleich deutlich, dafs der Satz von NÄGELI, dafs mit der fteigenden Zahl der unmittelbar zufammenhängenden C Atome die Affimilation beffer von ftatten gehe, jedenfalls keiner allgemeineren Anwendung fähig ift.

Wenn es zunächft auch ficher zu fein fcheint, dafs Kohlenwafferftoffe nur in Verbindung mit anderen Grundftoffen oder Atomgruppen affimilirbar find, fo braucht der für die Bildung eines affimilirbaren Körpers erforderliche Paarling keineswegs gerade Hydroxyl zu fein, wie man nach den Sätzen von STUTZER annehmen könnte. Schon NÄGELI hat gezeigt, dafs die Methylgruppe im Methylamin zu ernähren vermag; ein Gleiches habe ich für alle von mir unterfuchten Alkoholbafen gefunden; in diefen Fällen war im Nährftoff überhaupt keine Hydroxylgruppe vorhanden.

Das Verhalten des Methylamins veranlafst zur Frage, ob die

Methylgruppe überhaupt unter allen Umſtänden als Kohlenſtoffquelle für Pilze dienen könne. In der Eſſigſäure iſt ſie mit der Carboxylgruppe, der ja an ſich kein Nährwerth zukommt, gepaart, und die Eſſigſäure ernährt. Aber ſchon im Methylalkohol iſt der Nährwerth der Methylgruppe wahrſcheinlich gleich Null, da die geringe, von mir nach Wochen beobachtete Trübung vermuthlich von einer Verunreinigung herrührte; auch NÄGELI beobachtete keinen Nähraffect. Dagegen ernährt die Methylgruppe wieder ganz unzweideutig in der Methylſchwefelſäure, wo ſie mit der Schwefelſäure in ätherartiger Verknüpfung auftritt. Im Theobromin hingegen ernährt ſie nicht.

Wir gelangen ſomit in Bezug auf die Methylgruppe zu dem Satze: *Die Methylgruppe vermag den Pilzen als ausreichende Kohlenſtoffquelle zu dienen, wenn ſie denſelben in Verbindung mit einem geeigneten Paarlinge dargeboten wird, aber auch nur dann.* Als ſolche geeignete Paarlinge erweiſen ſich die Carboxylgruppe, NH_2, ebenſo NH und N, die Schwefelſäure; als ungeeignet das Hydroxyl und die Aldehydgruppe. Als weniger, aber nicht völlig ungeeignete Paarlinge erſcheinen das Carbonyl im Aceton und die Gruppe

```
 |
—C—OH
 |
```

im Trimethylcarbinol und im Pinakon. Das Methylal und Dimethylacetal, in welchen nach längerem Stehen ſich lebhaft Pilze entwickelten, geben wegen ihren CH_2 und CH-Gruppe in dieſer Hinſicht keine Auskunft. Wenn Dimethyloxamid ernährt, ſo iſt hier die Verkettung der Methylgruppen eine analoge wie im Dimethylamin — alſo mit der NH-Gruppe, die beiden Carbonyle dürften ebenſo wirkungslos ſein, wie im Oxamid. Wenn im Acetonitril ſich Schimmelpilze entwickelten, ſo könnte man geneigt ſein, auch die Cyangruppe als einen geeigneten Paarling des Methyls anzuſehen; allein in dieſer Verbindung iſt vermuthlich frühzeitig eine Oxydation zu Eſſigſäure eingetreten und lezterer iſt dann die Nährwirkung zuzuſchreiben. Im Dimethyloxamid, welches unzweifelhaft ernährt, ſind mit dem Methyl die beiden jedenfalls trennbaren Paarlinge

```
C—O—
|        und NH
C—O—        / \
```

verknüpft; während das complicirte Gerüſt von C, H, O und N Atomen, an welchem die Methylgruppen im Theobromin und Caffein haften, keinen geeigneten Paarling abgeben; ſie ſcheinen durch den Organismus des Pilzes nicht in geeigneter Form gelöſt werden zu können.

Nachdem wir ſo geſehen haben, wie die Gruppe $—CH_3$ *bedingungsweiſe* als Ausgangspunkt für den geſammten Kohlenſtoff einer Pflanzenzelle dienen kann, wollen wir unterſuchen, wie ſich die Gruppen $\overset{|}{\underset{|}{CH_2}}$ und $—\overset{|}{\underset{|}{CH}}$ verhalten. Wir werden hierbei natürlich nur Verbindungen berückſichtigen können, die nicht zugleich auch die Methylgruppe oder eine andere Kohlenwaſſerſtoffgruppe enthalten.

Für die Methylengruppe CH_2 läſst ſich inſofern ein entſprechendes Reſultat wie für die Methylgruppe formuliren, als dieſelbe ernährt ſowohl in Verbindung mit Hydroxyl wie Carboxyl; das Verhalten anderer Verbindungsformen hatte ich leider keine Gelegenheit zu ſtudiren. Dagegen zeigen alle unterſuchten Hydroxyl- wie Carboxylverbindungen übereinſtimmend, daſs die Methylengruppe einen ausgezeichneten Nährſtoff darſtellt und möchte ich ihr einen günſtigeren Nährwerth zuſchreiben, als der Methylgruppe.

Von CH haltigen Hydroxylverbindungen liefern die unterſuchten Beiſpiele dafür den Beleg: Aethylenglycol, Glycerin, Erythrit, Dulcit, Mannit; ebenſo die Säuren: Malonſäure, Bernſteinſäure, Glycolſäure, Glycerinſäure, Citronenſäure, Itakonſäure, Aconitſäure, Glycocoll. Es gelangte überhaupt keine CH_2 haltige Subſtanz zur Unterſuchung, welche nicht vorzüglich ernährt hätte. Wie die Malonſäure und die Glycolſäure zeigen, bedarf es nur einer einzigen CH_2 Gruppe im Molecül, um dasſelbe aſſimilirbar erſcheinen zu laſſen.

Während NÄGELI durch die Formulirung der Zuſammenfaſſung ſeiner Reſultate der CH_3 Gruppe keine Bedeutung beizumeſſen ſcheint,*) nennt er als Bedingung der Aſſimilirbarkeit einer Subſtanz, daſs ſie

*) NÄGELI l. c. pag. 401.

die CH_2-Gruppe oder die CH-Gruppe enthalte; für die letztere Gruppe ſei aber vielleicht die Beſchränkung hinzuzufügen, dafs ſie nur dann ernähre, wenn 2 oder mehr C-Atome, an welchen H hänge, unmittelbar mit einander verbunden ſeien, zu welcher Limitation ihn die Ameiſenſäure veranlafst.

Auch für das Studium der Aſſimilationsfähigkeit der Gruppe CH ſtand mir leider nur wenig Material zu Gebot. Von Carboxylverbindungen ernährten alle, die unterſucht wurden: Weinſäure, Schleimſäure, Fumarſäure; in allen drei Säuren hängen allerdings mehre CH-Gruppen unmittelbar an einander. Von Hydroxylverbindungen kommt nur die nicht ernährende Ameiſenſäure in Betracht, die aber auch nicht aſſimilirbar wird, wenn man im Formamid das Hydroxyl durch NH_2 erſetzt.

In Bezug auf Ameiſenſäure und Formamid erſcheint es mir wahrſcheinlich, dafs ihre Nichtaſſimilirbarkeit herrührt von der für Pilze unbrauchbaren Gruppe CHO*), welche darin mit OH oder mit NH_2 verknüpft auftritt. Intereſſant iſt aber für den Nährwerth der CH-Gruppe das Allantoin, in welchem Kohlenſtoff auſser einmal als CH noch dreimal als CO vorkommt, und machen wir die Vorausſetzung, dafs dieſe Carbonylgruppen nicht ernähren, ſo würde aus dieſer Subſtanz eine *iſolirte* CH-Gruppe aſſimilirt werden.

Nunmehr erſchien mir die Frage einer erweiterten Prüfung bedürftig, ob die Carbonylgruppe $\overset{|}{\underset{|}{C}}=O$ unter keinen Umſtänden ernährend wirken könne. Dafs ſie als Kohlenoxyd dies nicht vermag, iſt bekannt, und STUTZER hat eine gleiche negative Wirkung für die Oxalſäure, NÄGELI für den Harnſtoff nachgewieſen. Daraus zieht NÄGELI die allgemeine Folgerung, dafs Kohlenſtoffatome nur dann aſſimilirbar ſind, wenn ſie unmittelbar mit Waſſerſtoffatomen zuſammenhängen, wofur ja auch die meiſten Verſuche ſprechen. Ich verwendete zum Zweck dieſer Prüfung das Alloxan und die Parabanſäure, und

*) Das Verhalten des zur Pilzernährung brauchbaren Trioxymethylens geſtattet leider keine Discuſſion, weil wir von der Structur desſelben keine ſichere Vorſtellung haben.

während ersteres sich wie Harnstoff, also negativ verhielt, war ich nicht wenig erstaunt, auf einer schwachen Lösung von anscheinend ganz reiner Parabansäure*) lebhafte Vegetation von Penicillium-Rasen zu erhalten. In der Parabensäure sind die drei Kohlenstoffatome als drei Carbonylgruppen vorhanden; *wir müssten hiernach für eine Verbindung die Möglichkeit der Assimilirbarkeit zugestehen, wenn sie den Kohlenstoff auch nur als Carbonyl enthält.* Ob die CO-Gruppe in diesem Falle direkt als Protoplasma-Bildnerin zur Geltung gelangt, ist darum aber doch noch fraglich. Wenn man freilich annehmen wollte, durch den Vegetationsprocess des Pilzes würde die Parabansäure gespalten, so wäre auch damit nichts gewonnen, denn die Spaltungsproducte würden *Harnstoff* und *Oxalsäure* sein, welche wir als nichtassimilirbar kennen; ebenso könnte allenfalls Oxalursäure durch Hydratation aus der Parabansäure entstehen, allein auch die Oxalursäure

$$CO\begin{matrix} \diagup NH—CO—COOH \\ \diagdown NH_2 \end{matrix}$$

enthält keine Kohlenwasserstoffgruppen. Immerhin ist das Verhalten der Parabansäure im Vergleich zum Harnstoff und der Oxalsäure ein solches, dass wir annehmen müssen, es gehen mit dem in die lebende Zelle eingetretenen Parabansäuremolecül Umsetzungen vor, welche Wasserstoff an die Stelle von Sauerstoff setzen, und dass dieser Wasserstoff in letzter Instanz aus Wasser stammen muss, wird durch die Entwicklung der Pilze und die Multiplication ihrer Trockensubstanz in einer Parabansäure-Lösung bewiesen.

Einen solchen Reductionsprocess unter Einwirkung der Kräfte des Protoplasma einerseits und von Wasser andrerseits würde man sich in folgender Weise verlaufend denken können:

*) Ich kann nur versichern, dass die von mir benutzte Parabansäure so rein war, wie man sie nur durch wiederholtes Umkrystallisiren bekommen kann. Jedenfalls wäre es sehr erwünscht, wenn auch von anderer Seite die Parabansäure auf ihr Ernährungsvermögen geprüft würde, da sie in meinen Versuchsreihen der einzige Körper war, welcher eine Ausnahme von den allgemeinen Regeln bildete.

$$CO\langle \begin{smallmatrix} NH-CO \\ | \\ NH-CO \end{smallmatrix} + H_2O = CO\langle \begin{smallmatrix} NH-CO \\ | \\ NH-CH_2 \end{smallmatrix} + O_2$$

Das hierbei entftehende Reductionsproduct wäre *Hydantoin* und enthielte eine CH_2-Gruppe, fo dafs feiner Affimilirbarkeit theoretifch keine Bedenken im Wege ftehen würden. Wie dem auch fein mag, auf jeden Fall ift das unerwartete Verhalten der Parabenfäure ein höchft interessantes und beachtenswerthes, und bietet bislang in den Vorgängen der Kohlenftoffaffimilation das einzige Seitenftück dar zur Affimilation der Kohlenfäure durch das chlorophyllhaltige Plasma, indem in beiden Fällen der Kohlenftoff ausfchliefslich als Oxyd der Pflanze geboten wird; Mitwirkung des Lichtes ift aber bei der Affimilation der Parabanfäure unnöthig.

Dafs die Benzylgruppe C_6H_5 ernährt, geht zunächft unzweifelhaft aus dem Verhalten der Benzoefäure hervor; dafs die aromatifchen Oxyfäuren (Salicylfäure, Protocatechufäure, Gallusfäure) ein folches Ergebnifs liefern, fteht in Parallele zum Verhalten der Oxyfäuren der Fettreihe. Auch als Hydroxylverbindung ernährt die C_6H_5 Gruppe, namentlich wenn fie felbft noch eine weitere Hydroxylirung erfährt und dadurch zur C_6H_4 Gruppe wird. Demnach können die aromatifchen Radicale C_6H_5, C_6H_4, C_6H_3 und C_6H_2 als affimilirbar gelten.

Ich glaube, dafs im Vorftehenden die wefentlicheren Ergebniffe der Unterfuchung berührt find, fofern die Frage nach der Affimilirbarkeit der einzelnen kohlenftoffhaltigen Atomgruppen dabei in Betracht kommt. Es ift nun noch der Umftand näher ins Auge zu faffen, dafs den Pilzen die Art der Verbindung nicht gleichgültig ift, in welcher ihnen die Gruppen CH, CH_2 und CH_3 dargeboten werden.

Dafs die Pilze die Kohlenhydrate am leichteften affimiliren, dürfte in dem Umftande begründet fein, dafs fie diefelben am direkteften, ohne bedeutende, als Mittelglieder des Affimilationsproceffes auftretende Zerfetzungen verwerthen können. Ein gleiches fcheint von den mehratomigen Alkoholen, wie Glycerin, Erythrit, Dulcit zu gelten;

während dagegen die einatomigen Alkohole als Nährstoffe von zweifelhaftem Werth erfcheinen. Eine unbedingt bevorzugte Stellung nehmen aber unter den affimilirbaren Subftanzen die kohlenftoffhaltigen *Säuren* ein; ift in ihnen eine CH-, CH_2- oder CH_3-Gruppe vorhanden, fo fcheinen fie unter allen Umftänden zu ernähren, die CH_3- und die C_2H_5-Gruppe können fogar durch die betreffenden Aetherfchwefelfäuren leicht in den Organismus des Pilzes Eingang finden.

Die Säure ift alfo eine Verbindungsform, welche fich für die Ernährung der Pilze in ganz befonderem Mafse geeignet erweift. Wir dürfen wohl kaum annehmen, dafs jedes Säuremolekül unverändert etwa zum Aufbau eines Eiweifsmoleküls als Bauftein Verwendung finden könne. Einmal wird der Reft, mit welchem im Affimilationsvorgange die Säure fich zu verbinden hat, doch wahrfcheinlich ein conftanter fein, da auch das refultirende Eiweifsmolekül ftets das Gleiche fein dürfte: dann aber mufs es einen grofsen Unterfchied ausmachen, ob dem Pilze etwa Effigfäure oder eine fo lange Kette von Kohlenftoffatomen, wie in der Citronenfäure, der Aconitfäure u. a. dargeboten wird. Die einfachfte Vorftellung, die wir uns über die hierbei ftattfindenden Proceffe bilden können, ift wohl diefe, dafs folche unbeholfen grofse Moleküle durch die Thätigkeit der lebenden Zelle in kleinere, zur Ernährung geeignete Atomgruppen zunächft gefpalten werden, und dafs diefe Spaltungsproducte als Bauftoffe dienen. Wenn auch die Carboxylgruppe, wie die ernährungsphyfiologifche Indifferenz der Oxalfäure lehrt, niemals als Bauftoff dient, fo ift fie doch offenbar von Bedeutung als *Vehikel*, durch welches Kohlenwafferftoffgruppen in den protoplasmatifchen Organismus eingeführt werden. Nun aber liegt es auf der Hand, dafs bei einer Spaltung z. B. der Fumarfäure andere Bruchftücke entftehen müffen, als bei derjenigen der Bernfteinfäure, und darum gelangen wir zu der Frage, ob durch Spaltung und vielleicht damit verbundene Oxydation ftets eine kleine Atomgruppe von conftanter Zufammenfetzung als erftes Affimilationsproduct in allen Fällen gebildet wird? Für eine Theorie der Affimilation des Kohlenftoffes — zunächft durch Pilze — wäre dies der einfachfte, glattefte und darum willkommenfte Fall. That-

fächliche Momente laffen fich freilich zu feinen Gunften nicht beibringen, obwohl dadurch zur Zeit auch noch nichts *gegen* eine folche Annahme ausgefagt wird. Die einfachften, zur Ernährung geeigneten Carboxylverbindungen find die Effigfäure und die Malonfäure; in der einen ift eine CH_3-, in der anderen eine CH_2-Gruppe vorhanden; ein Zerbrechen des Fumarfäuremoleküls an der Stelle der doppelten Bindung würde Carboxylgruppen mit einem CH-Reft liefern. Daraus eine conftante Atomgruppe als einheitliches Affimilationsproduct auch nur theoretifch ableiten zu wollen, dürfte immerhin mifslich fein.

Dafs die kleineren kohlenftoffhaltigen Baufteine in der lebenden Pflanzenzelle durch Condenfation oder Synthefe unter Wafferaustritt zu gröfseren Atomcomplexen fich vereinigen, dafür fpricht mancherlei; in die einzelnen Phafen diefer Proceffe zu blicken, verbietet uns aber unfere derzeitige Unkenntnifs der Structur der als Endglieder der progreffiven Stoffmetamorphofe anzufprechenden Verbindungen.

Auch mit Rückficht auf den zuletzt berührten Punkt ift es bemerkenswerth, dafs der gröfsere Theil der Anhydridverbindungen für die Ernährung von Schimmelpilzen entfchieden ungünftig zu fein fcheint. Ueberblicken wir die lange Reihe der auf ihr bezügliches phyfiologifches Verhalten geprüften Efterarten, fo ergiebt fich, dafs Verbindungen diefer Form, welche eine Methylgruppe enthalten, gar nicht ernähren, wie z. B. Methylformiat, welches noch dazu eine der Effigfäure ifomere Zufammenfetzung befitzt; zahlreiche andere Efter, deren Säure-Gruppe in der Verbindung mit Metallen einen durchaus guten Nährboden für Schimmelpilze abgeben, liefsen erft die Entwicklung von Penicillium erkennen, nachdem vorher Bacterien darin aufgetreten waren, von denen man wohl annehmen darf, dafs fie eine Spaltung des Efters bewirkten, fo dafs erft eins der hierbei entftehenden Spaltungsproducte — vielleicht in allen Fällen Effigfäure — dem Schimmelpilze als Nährftoff dient; auch in den wenigen Fällen, wo frühzeitig Schimmelpilze in reichlicher Menge in der Löfung auftraten, wie beim Aethylmalonat und Aethylfuccinat, geht die Einniftung von Bacterien denfelben voraus. Aber auch Schimmelpilze felbft befitzen anerkannter Mafsen die Fähigkeit, Anhydride zu

ſpalten; bekanntlich beſteht die bequemſte Methode der Darſtellung von Gallusſäure darin, daſs man eine Löſung ihres Anhydrids, des Tannins, mit Penicillium inficirt, nach deſſen Entwicklung bald eine Spaltung des Tannins in zwei Moleküle Gallusſäure eintritt. Auch hat ja bereits PASTEUR gezeigt, daſs Schimmelpilze die Traubenſäure in Rechts- und Linksweinſäure zerlegen. Es iſt wahrſcheinlich, daſs den Pilzen ganz allgemein das Vermögen zukommt, Verbindungen, in welchen der Sauerſtoff nach dem Typus C—O—C enthalten iſt, durch Vermittlung von Waſſeraufnahme in Verbindungen vom Typus 2(C—OH) zu verwandeln. Innerhalb der lebenden Pflanzenzelle dürften daher die Anhydride nur der regreſſiven Stoffmetamorphoſe *direkt* nutzbar gemacht werden können, mithin als Energiequelle dienen, während die conſtructive Arbeit des Protoplasma gerade darin beſteht, Verbindungen vom Typus C—O—C, alſo Anhydride, aufzubauen.

Daraus würde dann auch folgen, daſs Syntheſen in der Pflanzenzelle durch Spaltungen eingeleitet werden können. Daſs gerade die Carboxylgruppe ein ſo ſehr geeignetes Vehikel für die Einführung von Kohlenwaſſerſtoffgruppen darſtellt, dürſte wohl ſeinen Grund darin haben, daſs Säuren ſich beſonders für Syntheſen unter Waſſeraustritt eignen.

Noch mancherlei Betrachtungen lieſsen ſich an die oben mitgetheilten Verſuche anknüpfen, die aber, als nicht die Hauptpunkte betreffend, an dieſer Stelle fallen gelaſſen ſein mögen. Im Allgemeinen ſieht man, daſs ein groſser Theil vegetabiliſcher Stoffwechſelproducte wieder zur Regeneration von Protoplasma zu dienen vermag, ein anderer (z. B. Cumarin, Theobromin) nicht. Für die einzelnen Pflanzen, in denen jene Subſtanzen gebildet wurden, ergeben ſich daraus ſpecielle Fragen.

Hier ſoll nur noch einmal des Aſſimilationsproceſſes der Kohlenſäure durch chlorophyllhaltige Pflanzen gedacht werden. Man pflegt dieſen Proceſs als einen von der Aſſimilation kohlenſtoffhaltiger Subſtanzen durch Pilze fundamental verſchiedenen hinzuſtellen, und in verſchiedener Beziehung hat man darin nicht Unrecht. So aus kos-

mologifchem Gefichtspunkte, indem die grüne Zelle durch das ihr ausfchliefslich zukommende Vermögen, den Kohlenftoff in höchft oxydirter Form zu affimiliren, in einen Gegenfatz tritt zu den nicht grünen Zellen, welchen der Kohlenftoff in oxydirbarer Form geboten werden mufs, um affimilirt werden zu können. Aus chemifchem Gefichtspunkt erfcheint die enorme Reductionsarbeit, welche das chlorophyllhaltige Plasma mit Hülfe des Sonnenlichtes vollbringt, ebenfalls als etwas finguläres, aber doch kaum gröfser als die Reduction von Schwefelfäure zu Schwefelwafferftoff durch Pilze. Wenn wir aber diefen ganz fpeciellen Reductionsprocefs aufser Acht laffen, fo ift die Kohlenfäure eben auch nur ein Glied in der grofsen Reihe der Carbonfäuren, und unter diefen bildet fie mit der Ameifenfäure und Oxalfäure eine kleine Gruppe von Verbindungen, welche für die chlorophyllofe Zelle nicht affimilirbar find. Unter diefem Gefichtspunkt verfchwindet der Gegenfatz »organifcher« und »unorganifcher« Subftanz, welcher in der obengedachten kosmologifchen Betrachtung das Hauptmotiv abgiebt, denn auch wenn in der unbelebten Erdrinde Ameifenfäure und Oxalfäure, allgemein als organifche Verbindungen bezeichnet, in Fülle exiftirten, würden farblofe Zellen damit nicht ernährt werden können; während, wenn unfere Kalkfelfen aus Acetaten und Glycolaten beftünden, die Welt der Organismen des Chlorophylls nicht bedürfte. In der Structur, nicht in einer willkürlichen Klaffificirung, liegt fomit das für die Affimilirbarkeit einer Subftanz entfcheidende Moment, und Kohlenwafferftoffgruppen find es, welche man in den Organismus einführen mufs, um ihn zu ernähren und feine Subftanz anwachfen zu laffen.

III.

Ueber Turgescenz
und
Vacuolenbildung im Protoplasma.

Von

J. Reinke.

Die für die Mechanik des Pflanzenlebens fo wichtigen Vorgänge der Turgescenz find vorwiegend, ja faft ausfchliefslich an behäuteten Zellen ftudirt worden. Die Grunderfcheinungen, um welche es fich dabei handelt, find ganz einfacher Art und daher eines elementaren mathematifchen Ausdrucks fähig, wie ich an anderer Stelle gezeigt habe;*) es handelt fich um einen hohlen Körper, in deffen Innerm ein gröfserer Druck herrfcht, als Aufsen, fo dafs hierdurch eine Spannung der Wand hervorgerufen wird; die Gröfse diefer Spannung ift ausfchliefslich abhängig von der Gröfse der Druckdifferenz. Bezeichnen wir die Spannung mit S, den inneren Druck mit I, den äufseren mit A, fo läfst fich dies Gefetz in dem Ausdruck formuliren:

$$S = I - A$$

Die Elafticität und Dehnbarkeit der Wand ift alfo für die Gröfse der Spannung in derfelben ganz gleichgültig, fo lange diefelbe hinreicht, ein Zerplatzen zu verhüten.

Die gewöhnliche, behäutete Pflanzenzelle liefert einen Specialfall, infofern hier der Turgor durch Aufnahme von Waffer durch eine filtrirende Wand erzeugt wird. Diefe Wand ift eine zweifache, die Zellhaut eine leichter, die Hautfchicht des Protoplasma eine fchwieriger filtrirende Membran. Für dies ganze Syftem ift natürlich auch die allgemeine Gleichung $S = I - A$ gültig, nur ift zu beachten, dafs die Gröfse I abhängt von der Gröfse des Filtrationswiderftandes in der protoplasmatifchen Hautfchicht, während eine zu ftarke Aus-

---

*) Vgl. mein Lehrb. d. allg. Bot. S. 428 u. 429.

dehnung derfelben durch die Elafticität der Zellhaut gehindert wird. —

Danach finden die gleichen mechanifchen Wechfelwirkungen wie in einer Pflanzenzelle ftatt in einem dünnen Kautfchukballon, in den man Luft oder Waffer unter höherem als Atmofphärendruck hineinpumpt und deffen Ausdehnung durch ein feines Drahtnetz befchränkt wird.

Wir können daher, insbefondere wenn die Turgescenz der Zelle innerhalb der Dehnbarkeitsgrenze der protoplasmatifchen Hautfchicht bleibt, für die Unterfuchung des Turgors von der Zellhaut gänzlich abfehen und uns auf den Protoplasmaleib der Zelle befchränken.

Dafs ifolirte Protoplasmamaffen bei Berührung mit Waffer an ihrer ganzen Oberfläche eine Hautfchicht von membranartiger Confiftenz bilden, ift bekannt. Der Vorgang diefer Membranbildung dürfte ein ziemlich complicirter fein. Zunächft mufs aus dem Aggregatzuftande des Protoplasma eine Oberflächenfpannung refultiren, welche gewiffe Subftanztheilchen deffelben zur Annäherung an einander zwingt und die gröberen Körnchen in das Innere drängt; diefe Spannungsmembran wird aber ficher verftärkt durch eine chemifche Verdichtung, welche wir uns vielleicht als einen Gerinnungsprocefs vorftellen dürfen.

Diefe protoplasmatifche Hautfchicht befitzt eine nicht unbeträchtliche Dehnbarkeit; auch ift nicht ausgefchloffen, dafs fie bei ftärkerer Ausdehnung ein Flächenwachsthum durch Intusfusception erfährt nach Analogie der TRAUBE'fchen Niederfchlagsmembranen.

Als bekannteftes Beifpiel für dies Verhalten gelten die Klumpen und Tropfen von Protoplasma, welche man aus verletzten Fäden von Vaucheria zum Austritte bringt; fie bekleiden fich zunächft mit einer confiftenten Hautfchicht und turgesciren dann unter lebhafter Ausdehnung durch Aufnahme von Waffer, welches fich gröfstentheils im Innern in Form von Vacuolen wieder ausfcheidet. Aehnlich verhalten fich viele Schwärmfporen, welche, bevor fie eine Zellwand bildeten, in pathologifcher Weife turgesciren und dabei im Innern grofse, wafsererfüllte Vacuolen zeigen.

Ein sehr hübsches Beispiel für dies Turgesciren des Protoplasma können auch die Plasmodien der Myxomyceten darbieten, wenn man dieselben im Kulturraum sehr feucht hält. Herr Dr. KRÄTZSCHMAR, welcher in meinem Laboratorium zu anderen Zwecken Plasmodien von Aethalium septicum aus Sclerotien in Feuchtkammern erzog, erhielt hierbei ganz eigenthümlich deformirte Gebilde, die er auf mein Ansuchen zeichnete und wovon auf Taf. I eine Darstellung gegeben ist. Diese Plasmodien waren unter der Einwirkung von Wasser sehr stark aufgeschwollen, ihre Hautschicht war in mancherlei Vorsprüngen wie eine Membran aufgetrieben und im Innern hatte sich, wenigstens in den peripherischen Theilen des Plasmodiums, viel wässrige Flüssigkeit in der Form grosser Vacuolen ausgeschieden, die von feinen Platten und Strängen aus Protoplasma durchsetzt wurden, wie der Saftraum einer Parenchymzelle aus dem Gewebe einer höheren Pflanze.

In Fig. 1 ist ein kleines derartig verändertes Plasmodium bei schwacher Vergrösserung gezeichnet; Fig. 2 und 3 stellen Stücke aus der Randparthie desselben bei stärkerer Vergrösserung dar; Fig. 4 eine Stelle aus dem Netzwerk des Innnern mit Kernen, sehr stark vergrösert. Nach Aussen ist das Protoplasma durch eine zwar sehr feine, aber doch deutlich doppelt contourirte Hautschicht abgegrenzt, gegen die Vacuolen hin lässt sich, wie Fig. 4 zeigt, eine solche Hautschicht nicht wahrnehmen.

In diesem Zustande starker Turgescenz und Vacuolenbildung waren am Plasmodium noch leichte Bewegungen wahrzunehmen, dasselbe starb dann jedoch sehr bald ab; der ganze Zustand war natürlich ein pathologischer.

Es fragt sich, ob aus diesem Falle krankhafter Deformation sich Anhaltspunkte gewinnen lassen zur Beurtheilung des Verhaltens eines normalen Plasmodiums gegenüber dem Wasser. Offenbar ist die Aufnahme von Wasser seitens des letzteren eine beschränkte, weil man normal die Bildung von Vacuolen gar nicht oder doch nur äusserst selten beobachtet, und dann sind es sehr kleine, bald wieder verschwindende Vacuolen; im Allgemeinen ist das Protoplasma der Plasmodien von Aethalium vacuolenfrei. Dennoch muss es bei der

osmotifchen Aufnahme von Waffer in das Innere des Plasmodiums zu einer Spannung zwifchen dem körnerführenden, inneren Protoplasma und der Hautfchicht kommen, fobald die Cohäfion und mit diefer die Elafticität der letzteren gröfser ift, als die der inneren Maffe. An der membranartigen Feftigkeit der Hautfchicht läfst aber unfer abnormes Plasmodium keinen Zweifel. Ob diefe Hautfchicht unter ftarker Vacuolenbildung blafig aufgetrieben wird oder nicht, dürfte als fecundäres Moment aufzufaffen fein; bei ihrer gröfseren Feftigkeit mufs eine hydroftatifche Spannung derfelben auch im normalen Plasmodium als ficher erfcheinen, das letztere alfo fich im Zuftande der Turgescenz befinden.

Immerhin ift es von Intereffe zu fehen, wie durch eine pathologifch gefteigerte Aufnahme von Waffer und Ausfcheidung deffelben in Vacuolen eine ganz ähnliche Configuration des Protoplasmakörpers erzeugt wird, wie wir fie aus den Parenchymzellen kennen; es beweift dies gegenüber der hier und da hervorgetretenen Auffaffung, diefe Configuration fei das Refultat eines ganz befonderen Wachsthumsproceffes, dafs fie vielmehr als die nothwendige Folge gewiffer phyficalifcher Wechfelwirkungen erfcheint.

Die Ausfcheidung von Vacuolen im Innern eines homogenen Protoplasma ift eine Folge von Ueberfättigung mit Waffer. Das Stoffgemifch, welches im Protoplasma vorliegt, hatte durch osmotifche Anziehung fich mit Waffer gefättigt; wir können uns nun verfchiedene Urfachen vorftellen, die zu jener Entmifchung hinführen, welche in der Vacuolenbildung zur Beobachtung gelangt. Wenn das Protoplasma innerhalb feiner Hautfchicht fich ganz wie eine Flüffigkeit verhielte, alfo rein hydroftatifchen Gefetzen folgte, fo müfste der Druck an jedem Punkte der gleiche fein. Dann könnten nur locale chemifche Veränderungen die Ausfcheidung von Waffer an einzelnen Stellen veranlaffen. Es läfst fich aber auch die Auffaffung vertheidigen, dafs das Protoplasma fich in feinem phyficalifchen Verhalten infofern von einer Flüffigkeit entfernt, als an einzelnen Stellen Orte abweichenden Druckes fich bilden, oder vielmehr die mit der Aufnahme von Waffer verbundene Druckfteigerung fich nicht

fogleich und mit gleicher Gefchwindigkeit zu allen Punkten des Innern fortzupflanzen vermag; dann können Druckdifferenzen die Urfache einer localen Entmifchung und Vacuolenbildung werden; welche Urfache in Wirklichkeit obwaltet, ift fchwer zu entfcheiden.

An anderer Stelle habe ich darauf hingewiefen,*) dafs der Saftraum, die grofse centrale Vacuole der Parenchymzellen, ein Organ darftellt zur Aufnahme von Ausfcheidungsproducten des Protoplasma. Das letztere bildet im Verlaufe feines Stoffwechfels vielfach Subftanzen, deren es fich gerne, wenigftens zeitweilig, entledigt. Eine Secretion nach Aufsen wird durch den Verband der Zellen erfchwert, fie erfolgt daher nach Innen; und da nun in einer folgenden Entwicklungsperiode die Pflanze von den meiften der in den Saftraum ausgefchiedenen Stoffe wieder Gebrauch zu machen weifs, fo haben wir darin eine eminente Nützlichkeitsvorrichtung zu erblicken; während einerfeits in feiner Funktion fich der Saftraum im Innern der Zelle mit der thierifchen Harnblafe vergleichen läfst, dient derfelbe andererfeits zur Speicherung von Referveftoffen.

Ich zweifle nicht daran, dafs die Lebensthätigkeit des pflanzlichen Protoplasma ebenfo gut ftets Ausfcheidungen gewiffer Stoffe mit fich bringt, wie diejenige des thierifchen. Wo nun ein folches Organ zur temporären Anfammlung der Ausfcheidungsproducte, wie im Saftraum, fehlt, alfo bei den Plasmodien der Schleimpilze, da werden diefe ihre Ausfcheidungsftoffe an der Oberfläche abfondern müffen, folglich mit einem gröfseren Subftanzverlufte arbeiten als die behäuteten Parenchymzellen. In der That erblickt man die Oberfläche der Plasmodien mit fchleimigen Ausfonderungen bedeckt und verbleiben diefelben theilweife auf dem Subftrate, über welches ein Plasmodium hinweggekrochen ift.

Von den Abbildungen der zugehörigen Tafel ist Fig. 1 60fach, Fig 2 220fach, Fig. 3 330fach, Fig. 4 1375fach vergröfsert; in den stärker vergröfserten Figuren treten die zahlreich vorhandenen Zellkerne**) deutlich hervor

*) Zeitfchr. f. physiol. Chemie VI. S. 263.

**) Ich bemerke ausdrücklich, um etwaigen irrigen Muthmafsungen vorzubeugen, dafs die als Kerne bezeichneten Gebilde nicht etwa Sclerotiumzellen find; letztere find viel gröfser.

IV.

Ueber das Vorkommen
und
die Verbreitung flüchtiger reducirender Substanzen im Pflanzenreiche.

Von

J. Reinke und L. Krätzschmar.

I.

Der Gedanke von BAEYER, dafs im Procefs der Kohlenfäure-Zerfetzung durch grüne Zellen im Sonnenlicht *Formaldehyd* als Affimilationsproduct der Pflanze gebildet werde, mufs als die zur Zeit befriedigendfte theoretifche Vorftellung von diefem Proceffe gelten, fobald wir wegen der beobachteten Conftanz des Gasvolumens die Vorausfetzung machen, dafs ein Körper von der Zufammenfetzung $C_n H_{2n} O_n$ gebildet werde. BAEYER hat die Bildung von Formaldehyd aus rein theoretifchen Betrachtungen erfchloffen, und dafs die theoretisch-chemifche Combination den Werth einer felbftändigen wiffenfchaftlichen Unterfuchungsmethode befitzt, werden wohl nur diejenigen leugnen mögen, welche der Entwicklung der Chemie nicht gefolgt find. Dennoch kann eine auf diefem Wege gewonnene Vorftellung über den Procefs der Kohlenftoffaffimilation in grünen Pflanzen nur dann auf die Dauer genügen, wenn fich experimentelle Stützen für diefelbe beibringen laffen. Derartige Verftärkungen diefer Vorftellung durch Thatfachen dürfen fowohl von der Chemie wie von der Pflanzenphyfiologie erwartet werden; von der Chemie, indem diefelbe mit gröfserer Sicherheit als bisher gefchehen den Nachweis liefert, dafs zuckerartige Körper, wie fie in der Pflanze vorkommen, in der That durch Condenfation von Formaldehyd gebildet werden oder doch von folchen Condenfationsproducten deriviren können; von der Botanik, indem diefe Wiffenfchaft die Bildung von Formaldehyd oder eines unmittelbaren unzweifelhaften Abkömmlings deffelben in chlorophyllhaltigen Pflanzentheilen direkt nachweift.

Zu einem Verfuche in diefer letzteren Richtung mögen die Unterfuchungen einen Beitrag liefern, über welche im Nachfolgenden berichtet werden foll.*)

Ein Verfuch zum Nachweis von Formaldehyd mufste zunächft eine Abfcheidung deffelben von der Hauptmaffe des Stoffgemenges, welches den Pflanzenkörper zufammenfetzt, ins Auge faffen; der Weg hierzu ift durch den Umftand angezeigt, dafs der Formaldehyd in wäffriger Löfung fich mit Wafferdämpfen verflüchtigt. Wird Formaldehyd in der grünen Pflanzenzelle gebildet, gleichgültig ob im Innern der Chlorophyllkörner, oder an deren Oberfläche, oder in der Nähe derfelben im farblofen Protoplasma, immer mufs fich derfelbe wegen feiner leichten Löslichkeit im Protoplasma und im Zellfaft ausbreiten können. Ein Nachweis diefer Subftanz wird aber nur in dem Falle möglich fein, dafs nicht der fämmtliche durch Wirkung des Lichtes gebildete Formaldehyd fogleich in oder an den Chlorophyllkörnern zu Polymerifirungen verbraucht wird, fondern dafs ein Reft deffelben unverändert fich in der ganzen affimilirenden Zelle verbreitet und eine Zeitlang erhält; es ift fogar nicht unwahrfcheinlich, dafs, da die Bedingungen für Condenfation des Formaldehyd doch vorausfichtlich im Protoplasma die günftigeren find, in den Zellfaft hineindiffundirter Formaldehyd fich hier am längften unverändert erhalten werde.

Auf diefe Erwägungen gründete fich das eingefchlagene Verfahren. Grüne Pflanzentheile wurden möglichft fein zerkleinert, theils in einer Fleifchzerkleinerungsmafchine, theils durch Verreiben in einem Porcellanmörfer, der Saft unter meift fehr hohem Drucke abgeprefst und der Deftillation unterworfen, mitunter auch der Blätterbrei felbft vorfichtig deftillirt; war Formaldehyd in den Pflanzenzellen vorhanden, fo mufste er in das Deftillat übergehen.

Das Deftillat des ausgeprefsten Pflanzenfaftes enthält aber natürlich fämmtliche mit Wafferdämpfen flüchtige Stoffe, welche in der

*) Vorläufige Mittheilungen über diefe Arbeiten finden fich im zweiten Hefte der »Unterfuchungen aus dem botanifchen Laboratorium in Göttingen« S. 187 und in den Ber. d. d. chem. Gef. 1881, S. 2144.

Pflanze überhaupt vorkommen. Unter diesen gelingt es nur eine Kategorie zurückzuhalten, nämlich die stets vorhandenen flüchtigen Säuren, indem man den Saft — oder auch den zerkleinerten Blätterbrei — durch Alkalien neutralisirt; es wurde daher nur von Pflanzensäften abdestillirt, welche vorher durch Zusatz einer geeigneten Menge von Natriumcarbonat schwach alkalisch gemacht worden waren.

Das unter diesen Vorsichtsmafsregeln erhaltene Destillat mufste weiter darauf geprüft werden, ob nach den Reaktionen desselben Formaldehyd darin enthalten sein konnte. Dies war zunächst nur in sehr allgemeiner Weise möglich, da der Formaldehyd im Wesentlichen die Reaktionen der übrigen Aldehyde der Essigsäurereihe theilt: derselbe reducirt höchst energisch alkalische Silberlösung, weniger kräftig auch alkalische Kupferlösung. Wenn demnach das Destillat der Pflanzensäfte keine reducirende Wirkung auf die genannten Metalllösungen zeigen würde, so würde auch Formaldehyd in demselben nicht enthalten sein können.

Die Probe fiel bestätigend aus; alle untersuchten Destillate von grünen Pflanzentheilen reducirten deutlich alkalische Silberlösung bei niederer Temperatur, grofsentheils auch deutlich alkalische Kupferlösung. Beispielsweise mögen hier einige Notirungen aus den Untersuchungs-Protocollen angeführt sein.

Vicia Faba: 80 Gramm abgeprefster Saft der grünen Theile wurden destillirt; Fraktion*) I des Destillats reducirte Fehling'sche Lösung sehr deutlich; Fraktion II reducirte nur noch schwach; Fraktion III reducirte Fehling'sche Lösung gar nicht mehr.

Robinia Pseudacacia: 100 Gramm Blätterbrei wurden direkt destillirt. Fraktion I reducirte Fehling höchst intensiv; II noch sehr deutlich, doch schon weit schwächer; III ebenfalls noch; IV reducirte Fehling nicht mehr.

Salix aurita: 60 Gramm des Saftes wurden destillirt. Sämmtliche Fraktionen des Destillats zeigten ein fast gleiches, sehr energisches Reductionsvermögen gegen Fehling'sche Lösung.

*) Jede Fraktion des Destillats betrug etwa 2 Cubikcentimeter.

Asparagus officinalis: 250 Gramm Blätterbrei wurden deftillirt. Die erfte Fraktion des Deftillats wirkte auf Fehling'fche Löfung kaum ein, bewirkte jedoch in alkalifcher Silberlöfung in der Kälte nach wenigen Minuten eine tintenfchwarze Ausfällung.

Mougeotia genuflexa: 600 Gramm der frifchen Pflanze wurden deftillirt, das erhaltene Deftillat von 30 *ccm* nach genügendem Zufatz von Natriumcarbonat abermals deftillirt. Die erfte Fraktion diefes zweiten Deftillats fchied aus alkalifcher Silberlöfung beim Stehen in der Kälte einen deutlichen Silberfpiegel ab. —

In Bezug auf die angewandten Reagentien fei noch bemerkt, dafs die Silberlöfung fich weitaus empfindlicher erweift als die nach der Vorfchrift von FEHLING hergeftellte Kupferlöfung, weil die letztere eine gewiffe Quantität von Kupferoxydul in Löfung zu halten vermag und daffelbe erft im Ueberfchufs ausfallen läfst. Die Silberlöfung ward vor dem Gebrauche ftets frifch bereitet durch Verfetzen von etwa einem halben Probirröhrchen voll verdünnter Ammoniaklöfung mit ein paar Tropfen einer 10procentigen Löfung von Silbernitrat und 1 bis 2 Tropfen einer ftarken Löfung von Natriumhydroxyd. Diefes Reagens ward mit dem erhaltenen Deftillat aus Pflanzentheilen verfetzt und einige Minuten bei Zimmertemperatur ftehen gelaffen oder höchftens auf 30 bis 40° C. erwärmt; war die reducirende Subftanz vorhanden, fo fchied fich in wenigen Minuten ein Niederfchlag von metallifchem Silber, häufig in Geftalt eines das Glas überziehenden Spiegels aus. Bis zum Kochen wurde nicht erhitzt, weil dann auch bei Abwefenheit des ftark reducirenden Körpers, auf deffen Vorhandenfein wir prüften, namentlich wenn nach dem Kochen ftehen gelaffen wird, leicht Bräunung und Trübungen entftehen.

II.

Nachdem durch die Vorverfuche feftgeftellt war, dafs *flüchtige* Subftanzen, welche Fehling'fche Lösung reduciren, fich aus grünen Blättern abfcheiden laffen, handelte es fich zunächft weiter darum, ob diefe Subftanzen in den lebenden Blättern als folche vorkommen, oder erft durch den Deftillationsprocefs, d. h. durch Erwärmen mit Waffer, aus einer Mutterfubftanz abgefpalten werden. Das letztere war an und für fich unwahrfcheinlich; dennoch wurden einige Verfuche zur Prüfung diefes Umftandes ausgeführt, namentlich mit Rückficht darauf, dafs durch LÖW und BOKORNY während der Ausführung unferer Unterfuchung auf Grund mikrochemifcher Wahrnehmungen den Eiweifsftoffen der lebenden Zelle reducirende Eigenschaften vindicirt worden waren.

Zu diefem Zwecke ward die von uns gemachte Beobachtung verwerthet, dafs Deftillate, welche den reducirenden Körper in reichlicher Menge enthalten, z. B. von Pappelblättern, im Stande find, *eine verdünnte Löfung von Silbernitrat beim Stehen in der Kälte nach kurzer Zeit auch ohne Zufatz irgend eines Alkali zu reduciren,* was andere nicht flüchtige reducirende Stoffe der Pflanzenzelle, z. B. Glycofe, nicht zu thun vermögen. Ebenfowenig gefchieht dies von Seiten der Ameifenfäure.

Demnach ward der aus 600 *g* Pappelblättern (unter Zufatz von etwas Waffer) abgeprefste Saft durch wiederholtes Filtriren durch Glaswolle und Fliefspapier geklärt und und eine Probe davon in der Kälte mit neutraler Silberlöfung verfetzt; es erfolgte alsbald ein ftarker Niederfchlag von metallifchem Silber. Dafs diefer nicht etwa durch das Licht aus gefallenem Chlorfilber erzeugt war, bewies ein Parallelverfuch, wo fich ein Chlorfilberniederfchlag in dem gleichen diffufen Licht an der Hinterfeite des Zimmers lange Zeit unverfärbt erhielt. Der übrige Saft ward mit Bleiacetat vollftändig ausgefällt, der Niederfchlag abfiltrirt, das überfchüffige Bleiacetat durch Natriumcarbonat gefällt und das Bleicarbonat ebenfalls abfiltrirt. Eine Probe diefes letzteren Filtrats ward mit etwas Salpeterfäure angefäuert und

theils mit neutraler, theils mit alkalifcher Silberlöfung verfetzt; in beiden Fällen erfolgte eine energifche Reduction. Der Reft des Filtrates, das ja keine Eiweifsftoffe mehr enthalten konnte, wurde deftillirt und das erhaltene Deftillat reducirte fowohl Kupfer- wie Silberlöfung ebenfo ftark, wie das Deftillat des frifchen Saftes.

Eine Wiederholung diefer Verfuche mit Salix und Vitis führte zu dem gleichen Ergebnifs, und fprechen diefe Beobachtungen entfchieden für die Präexiftenz des reducirenden Körpers in den Blättern; ein anderes diefe Auffaffung beftätigendes Moment werden wir fpäter kennen lernen.

III.

Von der gröfsten Bedeutung war es, feftzuftellen, ob die Deftillate chlorophyllhaltiger Pflanzentheile aus den verfchiedenften Familien reducirende Eigenfchaften befitzen, ob Fälle vorkommen, wo fich diefelben nicht nachweifen laffen oder ob das Vorkommen ein conftantes ift. Wie fchon aus den oben mitgetheilten Beifpielen der Unterfuchungs-Protocolle erhellt, verhalten fich die Deftillate verfchiedener Pflanzen keineswegs gleich; manche reduciren fehr energifch, fo dafs ein halbes Probirröhrchen voll Deftillat einen wägbaren Niederfchlag von Kupferoxydul zu erzeugen vermag, andere fo fchwach, dafs fie durch Fehling'fche Löfung überhaupt gar nicht, fondern nur durch ihr Verhalten gegen Silbernitrat nachgewiefen werden können. Dann zeigte fich weiter ein Unterfchied darin, dafs bei der grofsen Mehrzahl der unterfuchten Pflanzen die reducirende Subftanz nur in den erften Fraktionen des Deftillats in reichlicherer Menge vorhanden war, während die fpäteren Fractionen nur Spuren davon oder gar nichts mehr enthielten. Bei einigen Pfianzen jedoch, zeigte fich auch in den letzten Fraktionen des Deftillats kaum eine Abnahme des Reductionsvermögens. Hier mufste alfo eine weniger flüchtige Modification des Körpers, wahrfcheinlich neben der gewöhnlich vorhandenen flüchtigeren, in der Pflanze gebildet worden fein.

Wo in der folgenden Ueberficht über die unterfuchten Pflanzen nur bemerkt ift, dafs die erfte Fraktion (Fr. I) reducirte, foll damit

gefagt fein, dafs nur die flüchtigere Form der reducirenden Subftanz vorhanden war. Wo eine Reduction von Fehling'fcher Löfung beobachtet wurde, ift nicht noch befonders die Reduction von Silberlöfung erwähnt. Die nachftehend aufgeführten Pflanzen wurden im Sommer 1881 unterfucht

Vicia Faba. Fr. I reducirte Fehlings Löfung deutlich,.

Robinia Pfeudacacia. Fr. I red. Fehling fehr intenfiv.

Prunus Armeniaca. Fr. I red. Fehling fchwach.

Rofa alpina. Fr. I red. Fehling deutlich.

Ribes petraeum. Fr. I red. Fehling fchwach.

Ribes alpinum. Fr. I red. Silberlöfung kräftig.

Saxifraga cordifolia. Fr. I red. Fehling deutlich.

Myrrhis odorata. Fr. I red. Fehling deutlich.

Saponaria officinalis. Fr. I red. Fehling kräftig.

Polygonum cuspidatum Fr. I red. Fehling deutlich.

Rheum palmatum. Fr. I red. Fehling fchwach.

Impatiens parviflora Das Destillat red. Fehling in allen Fraktionen energifch, aber ftärker in der erften als in der letzten.

Acer pensylvanicum. Fr. I red. Fehling energifch.

Vitis vinifera. Fr. I red. Fehling fehr kräftig.

Ampelopsis hederacea. Fr. I red. Fehling fchwach.

Salix aurita u. a. Sp. Das Deftillat reducirt in allen Fractionen Fehling fehr kräftig.

Populus alba, balfamifera u. a. Sp. Das Deftillat verhält fich wie bei den Salix-Arten.

Braffica oleracea. Fr. I red. Fehling energifch.

Papaver bracteatum. Fr. I red. Fehling deutlich.

Paeonia officinalis. Fr. I. red. Fehling deutlich.

Berberis Aquifolium. Fr. I red. Fehling deutlich.

Euphorbia orientalis. Fr. I red. Fehling fehr kräftig.

Statice Gmelini. Fr. I red. Fehling energifch.

St. latifolia u. caspica. Fr. I red. Fehling weniger kräftig.

Armeria maritima. Fr. I red. Fehling ziemlich kräftig.

Pyrethrum Myriophyllum. Fr. I red. Fehling fehr kräftig.

Helianthus erythrocarpus u. annuus. Fr. I red. Fehling ſchwach.

Cephalaria procera. Fr. I red. Fehling deutlich.

Valeriana dioica. Fr. I zeigte auf Fehling keine deutliche Einwirkung, reducirte aber die Silberlöſung.

Symphoricarpus racemoſa. Fr. I red. Fehling ſehr energiſch, die ſpäteren Fraktionen weniger.

Symphoricarpus vulgaris. Red. Silberlöſung in der Kälte ſehr kräftig.

Lonicera coerulea. Red. Silberlöſung ſehr kräftig.

Cornus alba red. Silberlöſung ſehr kräftig.

Ligustrum vulgare red. Silberlöſung ſehr kräftig.*)

Gentiana lutea. Fr. I red. Fehling kräftig.

Veronica Beccabunga. Fr. I red. Fehling deutlich.

Verbascum nigrum. Fr. I red. Fehling deutlich.

Mentha aquatica. Fr. I red. Fehling deutlich.

Lycium barbarum. Fr. I red. Fehling kräftig.

Symphytum officinale. Fr. I red. Fehling ſchwach.

Convallaria Polygonatum. Fr. I red. Fehling kräftig.

Iris plicata. Fr. I red. Fehling energiſch.

Asparagus officinalis. Fr. I wirkt auf Fehling äuſserſt ſchwach kräftig auf Silberlöſung in der Kälte.

Zea Mays. Fr. I. red. Fehling deutlich.

Tsuga canadenſis. Fr. I red. Fehling kräftig.

Taxas baccata red. Silberlöſung.

Thuja plicata red. Silberlöſung.

Pinus Pumilio red. Silberlöſung.

Struthiopteris germanica. Fr. I red. Fehling deutlich.

Scolopendriam officinarum. Fr. I red. Fehling deutlich.

Hypuum Rutabulum red. Silberlöſung energiſch, auf Fehling war keine Einwirkung zu beobachten.

Haliferis polypodioides red. Silberlöſung kräftig.

Cyſtoſira barbata red. Silberlöſung kräftig.

Scytoſiphon lomentarius red. Silberlöſung ſehr energiſch, Fehling ſchwach.

*) Die letzten 4 Arten wurden auf ihr Verhalten gegen Fehlings Löſung nicht geprüft.

Gigartina Teedii red. Silberlöfung energifch.*)

Mougeotia genuflexa. Fr. I des *rektificirten* Deftillats red. Silberlöfung kräftig.

Vaucheria sessilis verhält fich wie Mongeotia.

IV.

Nachdem feftgeftellt war, dafs die flüchtige reducirende Subftanz fich durch das ganze Gewächsreich verbreitet findet, foweit die Pflanzen Chlorophyll befitzen und unter normalen Lebensbedingungen vegetiren, war es von Wichtigkeit, einerfeits die chlorphylllofen Wurzeln von Blüthenpflanzen, andererfeits die Pilze auf eben diefe Subftanz zu prüfen.

Es wurden zunächft eine Anzahl Wurzeln einer Salix, deren Blätterdeftillat kräftig reducirte, zerkleinert, mit etwas Waffer verfetzt und der Deftillation unterworfen: das Deftillat reducirte ziemlich kräftig Fehling'fche Löfung. Hierdurch ift der Beweis erbracht, dafs der reducirende Körper auch in den Wurzeln chlorophyllhaltiger Gewächfe, welche ihn in ihren Blättern befitzen, vorzukommen *vermag*, eine Thatfache, welcher bei der theoretifchen Verwerthung diefer Unterfuchung Rechnung getragen werden mufs; von der Unterfuchung anderer Wurzeln konnte Abftand genommen werden, da die Möglichkeit des Vorkommens in den Wurzeln durch diefen einen Verfuch feftgeftellt worden war.

Von Pilzen wurden unterfucht: Trametes fuaveolens, Coprinus comatus, Polyporus albidus und nitidus, Agaricus sp., Boletus Satanas, Hydrocybe punicea, junge Fruchtkörper von Aethalium fepticum. Die Pilze wurden mit Waffer verrieben und deftillirt. Das Deftillat wirkte weder auf Fehling'fche Löfung noch auf alkalifche Silberlöfung bei niederer Temperatur; *die reducirende Subftanz fehlt alfo den Pilzen vollftändig.*

*) Von den letzten 4 Arten wurden die in Neapel gefammelten Exemplare frifch in der Sonne getrocknet, in Göttingen aufgeweicht und verarbeitet. Zu diefem Verfuche hatte die Wahrnehmung Veranlaffung gegeben, dafs in der Sonne getrocknete Blätter von Pappeln und Weiden einen Theil ihrer flüchtigen reducirenden Subftanz behalten.

Nunmehr war die Frage nahe gelegt, ob etiolirte Keimlinge von Blüthenpflanzen, welche ihren Chlorophyllapparat in der Dunkelheit nicht auszubilden vermochten und daher auch nicht affimiliren konnten, die fragliche Subftanz enthalten. Es wurden geprüft etiolirte Keimlinge von Lupinus anguftifolius, Impatiens Balfamine, Impatiens tricornis, Phaseolus multiflorus, Helianthus anuus; das aus denfelben erhaltene Deftillat wirkte weder auf Fehling'fche noch auf alkalifche Silberlöfung bei niederer Temperatur, während am Licht gezogene Keimlinge derfelben Arten Silberlöfung krältig reducirten; von Imp. Balfamine wurde ein Theil der Keimlinge, welche zur Verarbeitung im etiolirten Zuftande dienten und keine flüchtige reducirende Subftanz enthielten, 10 Tage lang ans Licht geftellt und nunmehr reducirten fie deutlich Fehling'fche Löfung. Etiolirte Keimlinge von Lepidium sativum lieferten ein Deftillat, welches beim Erwärmen mit der Silberlöfung eine geringe Menge eines fchwärzlichen Niederfchlages bildete, der jedenfalls aus Silberfulfür beftand, da Senföle im Deftillat enthalten waren, während das Deftillat aus grünen, am Licht gewachfenen Kreffekeimlingen bei gleicher Behandlung einen fchönen Spiegel von metallifchem Silber am Glafe abfchied.

Somit kann behauptet werden, *dafs die reducirende Subftanz in etiolirten Keimlingen derfelben Gewächfe fehlt, welche fie bei normaler Entwicklung am Lichte enthalten.*

Hiernach erfcheint es einigermafsen ficher geftellt, dafs diefe Subftanz ein Erzeugnifs des Chlorophyllapparats unter Mitwirkung des Lichtes ift. Das Vorkommen in Wurzeln vermag an diefer Auffaffung nichts zu ändern; denn wenn die Subftanz in grofser Menge in den Blättern einer Pflanze fich anhäuft, in welcher die Bedingungen für ihre Confervirung günftig find, fo vermag fie auch durch den Stamm bis in die Wurzeln hinein fich auszubreiten. Immerhin war es unter diefen Umftänden von Intereffe, auch etiolirte Keimlinge von Coniferen auf die flüchtige reducirende Subftanz zu prüfen.

Es wurden die deutlich ergrünten Cotyledonen einer hinreichenden Anzahl von Finfterkeimlingen von Picea excelsa, Pinus Pumilio und P. maritima mit etwas Waffer zu Brei verrieben und die Maffe

nach Neutralifation der Deftillation unterworfen; *die erfte Fraktion der Deftillate gab keine Einwirkung auf Silberlöfung bei niederer Temperatur zu erkennen.* Es ift hiernach das Vorkommen der reducirenden Subftanz auf keinen Fall allein von der Chlorophyllbildung in einer Pflanze abhängig; es mufs offenbar die Wirkung des Lichtes hinzutreten, um diefelbe zu erzeugen

---

V.

Bekannter Mafsen verfchwinden die Stärkekörner, welche in den Chlorphyllkörnern junger Pflänzchen unter der Einwirkung des Lichtes entftanden waren, bei anhaltender Verdunkelung der Pflanze mehr oder weniger. Die Stärke befitzt überall, wo fie in der Pflanze auftritt, nur eine und diefelbe phyfiologifche Bedeutung, die Bedeutung eines Referveftoffs. Die Stärkekörner werden im Innern oder an der Oberfläche befonderer Organe des Protoplasmaleibes der Zelle, der Stärkebildner, aufgebaut; als Stärkebildner fungiren auch die Chlorophyllkörner, man kann fie in *diefer* Beziehung als grüne Stärkebildner von den farblofen Stärkebildnern unterfcheiden. Für die Deutung einer Subftanz oder eines organifirten Gebildes als Referve-material ift es ganz gleichgültig, ob diefelbe ein halbes Jahr, wie in der Zeit der Winterruhe, unverändert befteht, oder ob nur einige Tage, ja nur einige Stunden, um dann wieder anderweitig umgefetzt zu werden Die Stärkekörner find offenbar die Form, welche bei vielen Pflanzen jeder Ueberfchufs von flüffigen Kohlenhydraten anzunehmen ftrebt, fobald er nicht zu anderweitiger Verwendung im Entwicklungsprocefs der Pflanze gelangt, gleichfam eine ftabile Gleichgewichtsform der Kohlehydrate, welche vielleicht das Protoplasma weniger belaftet und daher von diefem ausgefchieden wird; diefe Bedeutung kommt demnach den Stärkekörnern der Rhizome ebenfo zu wie denen der Chlorophyllkörper. Wenn nun eine Pflanze, deren Chlorophylkörner fich im Licht mit Stärke gefüllt hatten, diefe Stärke im Finftern verliert, fo ift der Procefs ein analoger, als wenn in einer

im Finftern austreibenden Kartoffelknolle die Zahl der Stärkekörner fich vermindert.

Man konnte nun erwarten, dafs auch aus grünen, unter normalen Bedingungen erwachfenen Pflanzentheilen die reducirende Subftanz im Finftern verfchwinden werde. Zu dem Behuf wurde eine Anzahl *abgefchnittener* junger Zweige von Salix aurita, welche fehr reich an diefer Subftanz waren, 14 Tage lang ins Dunkle geftellt; nach Ablauf diefer Zeit reagirte das aus ihnen erhaltene Deftillat auf Fehling'fche Löfung immer noch fehr kräftig, eine Verminderung der Subftanz war kaum nachweisbar. Wenn diefelbe zu den frühften Erzeugniffen des Affimilationsproceffes gehören follte, fo waren die beiden Möglichkeiten vorhanden, dafs zu ihrem weiteren Umfatz entweder das Licht oder der anatomifche Zufammenhang der affimilirenden Gewebe mit der ganzen Pflanze, mit Stamm und Wurzeln, erforderlich ift. Eine in diefer Richtung bemerkenswerthe Beobachtung ift die Folgende. Im Sommer 1881 erwiefen fich fämmtliche unterfuchte Arten von Salix und Populus, fowie Vitis vinifera fehr reich an dem flüchtigen reducirenden Körper, in einem zum vierten Theile mit dem Deftillat gefüllten Probircylinder ward auf Zufatz von etwas Fehling'fcher Löfung ein dicker Bodenfatz von Kupferoxydul ausgefchieden. Als dagegen im Sommer 1882, wo faft ununterbrochen kühles, regnerifches Wetter und bedeckter Himmel vorherrfchten, gröfsere Quantitäten von Weiden- und Pappelblättern behufs Darftellung der Subftanz im Grofsen in Arbeit genommen wurden, zeigten die erhaltenen Deftillate *nur Spuren von Reductionsvermögen* gegen Fehling'fche *Löfung*, etwa in dem Grade wie diejenigen Blüthenpflanzen, welche relativ am ärmften an der Subftanz bei unferer Unterfuchung gefunden wurden. Der Gehalt daran kann alfo auch bei Pappeln und Weiden bedeutenden Schwankungen unterliegen; und dies wird wiederum verftändlich, wenn man annimmt, dafs unter ungünftigen Vegetationsbedingungen das in den Blättern fpärlicher gebildete Affimilationsproduct fogleich faft vollftändig in Kohlehydrate umgewandelt wird, und die flüchtige reducirende Subftanz gar nicht zu gröfserer Anhäufung gelangt. Ein ähnliches Verhältnifs mag auch zwifchen verfchiedenen Species be-

ftehen, welche die Subftanz bei gleichen Vegetationsbedingungen in verfchiedener Menge enthalten. Noch in einer anderen Hinficht aber verdient das wechfelnde Verhalten der Pappel- und Weidenblätter unfer Intereffe. Es zeigt, dafs die flüchtige reducirende Subftanz zeitweilig in der Pflanze fich vermindern kann bis nahezu zum Verfchwinden, fie kann daher unmöglich ein excrementielles Nebenproduct des Stoffwechfels fein, fondern vermag offenbar als Material für anderweitige Stoffbildungen zu dienen. Endlich fpricht diefer Befund entfchieden für die Präexiftenz der Subftanz in der Zelle, weil es unwahrfcheinlich ift, dafs aus lebenden Blättern von Pappeln und Weiden das eine Mal durch Erhitzung auf 100° C. die flüchtige, Kupferoxyd reducirende Subftanz in Menge aus den Conftituenten ihres Protoplasma abgefpalten werden follte, das andere Mal nicht; die Subftanz ift unzweifelhaft das eine Mal durch den normalen Vegetationsprocefs der Pflanze in reichlicher Menge gebildet worden, das andere Mal nicht.

Eine weitere Rechtfertigung diefer Auffaffung wird durch die folgenden Verfuche gewährt.

Es wurden beblätterte Sträucher von Symphoricarpus vulgaris, Cornus alba, Liguftrum vulgare, Lonicera coerulea, Ribes alpinum — fämmtlich Pflanzen, deren Blätter ein lebhaft reducirendes Deftillat liefern — mit vollftändigem Wurzelballen ausgehoben, in grofse Töpfe eingepflanzt und in ein verdunkeltes Zimmer gefetzt. Nach 6 Tagen ward aus den abgepflückten Blättern diefer Pflanze ein Deftillat hergeftellt, und diefes Deftillat zeigte bei Symphoricarpus, bei Liguftrum, Cornus und Lonicera keine Einwirkung mehr auf alkalifche Silberlöfung bei niederer Temperatur; das Deftillat von Ribes gab dagegen noch ein fchwaches Reductionsvermögen zu erkennen, das aber nach weiterer 4tägiger Verdunkelung ebenfalls verfchwunden war. Während von den übrigen Sträuchern die Blätter zu diefem Verfuche verbraucht wurden, war bei Symphoricarpus und Liguftrum noch ein Theil der Blätter, die in der Dunkelheit ihr Reductionsvermögen eingebüfst hatten, erhalten geblieben. Diefe beiden Sträucher wurden jetzt einige Tage dem Lichte ausgefetzt,

und das nunmehr aus den Blättern gewonnene Deſtillat ſchied aus alkaliſcher Silberlöſung bei niederer Temperatur einen deutlichen Silberſpiegel ab.

Die flüchtige reducirende Subſtanz der Blätter war alſo durch Aufenthalt der Pflanzen in Dunkelheit zum Verſchwinden gebracht, durch nachfolgende Belichtung von neuem erzeugt worden.

VI.

Die vorſtehend mitgetheilten Beobachtungen dürften geeignet erſcheinen, die allgemeine Verbreitung der flüchtigen reducirenden Subſtanzen in den Blättern chlorophyllhaltiger aſſimilirender Pflanzen darzuthun; zugleich wurden wichtige Anhaltspunkte für die Bedingungen des Entſtehens und Verſchwindens dieſer Subſtanzen im Stoffwechſel der Pflanze gewonnen. Es erübrigt noch die Hauptfrage: welches iſt die genaue chemiſche Zuſammenſetzung der in Rede ſtehenden Körper? — Die Beantwortung dieſer Frage in Angriff zu nehmen und womöglich zu entſcheiden, hatte ſich der eine von uns (R.) als beſonderes Arbeitsthema für den Sommer 1882 vorbehalten; die Ausführung dieſes Planes ſcheiterte an den überaus ungünſtigen meteorologiſchen Verhältniſſen dieſes Jahres. Gerade diejenigen Gewächſe, deren Laub im Sommer 1881 einen ſehr reichen Gehalt an dieſen flüchtigen Subſtanzen erkennen lieſsen, erhielten 1882 davon ſo wenig, daſs es Verſchwendung von Zeit, Arbeit und Material geweſen wäre, an die directe chemiſche Unterſuchung heranzutreten. Es empfahl ſich, einen günſtigeren Sommer abzuwarten und die Arbeit auf dieſen zu verſchieben. Die Urſache der angedeuteten Umſtände darf wohl mit Recht in dem Mangel an directem Sonnenſchein während dieſes ganz ungewöhnlichen Sommers erblickt werden: um ſo mehr, als die Abhängigkeit der Bildung jener Subſtanzen von der Beleuchtung durch das Experiment direkt nachgewieſen werden konnte.

Ob ein Theil der beobachteten reducirenden Subſtanz wirklich Formaldehyd iſt, konnte ſomit bislang nicht feſtgeſtellt werden. Den-

noch sei erwähnt, dafs Beobachtungen vorliegen, welche an der Aldehydnatur derselben keinen Zweifel lassen, indem es gelang, durch Behandlung mit Schwefelwasserstoff einen unzweifelhaften Sulfaldehyd aus den Destillaten abzuscheiden. Näheres über diesen Punkt möge späteren Mittheilungen vorbehalten bleiben.

Dagegen sei noch einer Untersuchung von anderer Seite gedacht, welche zu Resultaten gelangte, die mit den von uns erhaltenen im Einklange stehen.

Als eine specifische Reaction auf Aldehyd wurde in der analytischen Chemie bislang auch die folgende betrachtet. Wenn man eine verdünnte wässrige Fuchsinlösung mit etwas schwefliger Säure entfärbt, dann ein paar Tropfen eines Aldehyds hinzufügt, so wird die purpurrothe Farbe der Lösung wieder hergestellt. In der Mittheilung im zweiten Hefte dieser Untersuchung (S. 177) wurde notificirt, dafs dies auch die erste Prüfung war, welche wir, und zwar mit positivem Erfolge, auf das Vorkommen von Aldehyd in den Destillaten von Pflanzenblättern angestellt haben. Mit diesen Versuchen beschäftigt, ging uns jedoch eine Arbeit zu von GUSTAV SCHMIDT: Ueber das Verhalten einiger organischer Verbindungen zu Fuchsinschwefligsäure.*) Nach den Untersuchungen von SCHMIDT kommt nun zwar das Vermögen, die Fuchsinfärbung wieder herzustellen, den Aldehyden ganz allgemein zu, ist aber denselben leider nicht ausschliefslich eigenthümlich Der Verfasser fand, dafs auch Aceton, Methylalkohol, Aethylalkohol, Propylalkohol, Isopropylalkohol eine Lösung von Fuchsinschwefligsäure zu färben vermögen, sodafs ein Aldehyd mit völliger Sicherheit durch dies Reagens nicht nachgewiesen werden kann; daher haben wir auf eine ausgedehntere Anwendung desselben verzichtet. Von Wichtigkeit für uns ist aber noch der Nachweis von SCHMIDT, dafs den mehrfach hydroxylirten Bezolen die Fuchsinreaktion nicht zukommt, dieselben also — sie besitzen ja energisches Reductionsvermögen — beim Verhalten der Destillate aus Pflanzenblättern nicht mit im Spiele sind; dies konnte freilich auch durch anderweite Reactionen festgestellt werden.

*) Bericht d. d. chem. Ges. 1881. S. 1848.

Inzwifchen hat, angeregt durch unfere Unterfuchungen, A. MORI*) mit dem Fuchfinreagens die Deftillate zahlreicher Pflanzen geprüft und gefunden, dafs diefelben fämmtlich die Färbung regeneriren. Dafs in allen diefen Fällen es Aldehyde find, welche diefe Farbenreaktion hervorrufen, kann nach dem Verhalten der Deftillate gegen Kupfer- und Silberlöfung nicht zweifelhaft fein; der Grund, weshalb wir von dem Reagens keinen ausgedehnten Gebrauch gemacht haben, wurde foeben entwickelt. Uebrigens hat MORI ebenfo wie wir eine Abhängigkeit der Bildung des Aldehyds vom Lichte nachgewiefen.

Noch ein Einwand, der gegen einige Folgerungen unferer Unterfuchung erhoben werden könnte, möge hier kurz beleuchtet werden. Es ift eine bekannte Thatfache, dafs den aus Pflanzentheilen gewonnenen ätherifchen Oelen wohl ganz allgemein ein Reductionsvermögen gegen alkalifche Silberlöfung zukommt; nun könnte man fagen, das von uns beobachtete Reductionsvermögen der Deftillate rühre her von einer geringen Menge ätherifchen Oels. Darauf ift aber zu erwidern, dafs die ätherifchen Oele Subftanzen von ganz verfchiedenem chemifchen Charakter umfaffen, dafs es meiftens Gemenge find, und dafs, wenn fie reduciren, dies auf einer *Beimengung von Aldehyden* beruht, welche durch den Deftillationsprocefs aus den Pflanzenblättern frei gemacht wurden.

Sind doch annerkannter Mafsen manche aromatifche Aldehyde ein Hauptbeftandtheil mehrerer ätherifcher Oele, fo der Cuminaldehyd des Römifch-Kamillenöls, der Zimmtaldehyd des Zimmtöls der Salicilaldehyd des Oels aus Crepis foetida und Spiraea Ulmaria; allein auf Fehling'fche Löfung wirken diefe aromatifchen Aldehyde nicht ein. Das Verfahren der Herftellung bringt es jedoch mit fich, dafs in allen ätherifchen Oelen auch die von uns beobachteten Aldehyde mit enthalten fein können.

*) Nuovo giornale botanico 14. S. 147.

Druck von Gebr. Unger (Th. Grimm) in Berlin, Schönebergerstr. 17a.

Reinke III.

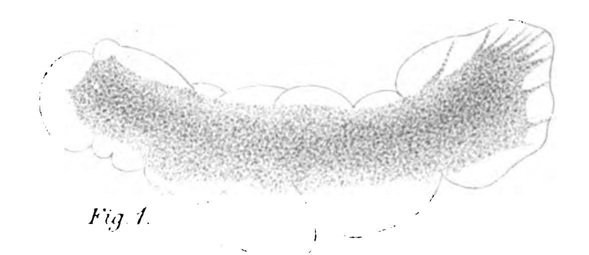


Fig. 1.

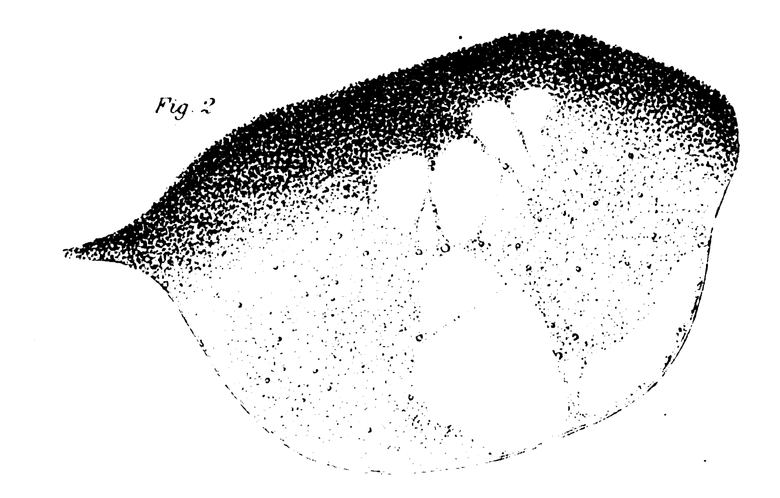


Fig. 2

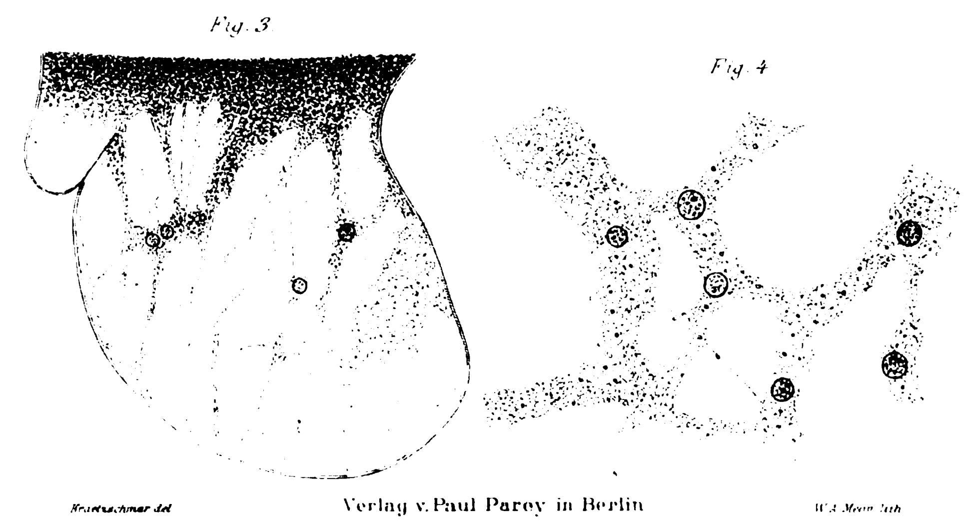


Fig. 3

Fig. 4

Kretzschmar del.

Verlag v. Paul Parey in Berlin

W. A. Meyn lith.


89097519011
b89097519011a
DATE
Digitized by Google


G. E. STECHERT
& Co.
NEW YORK


89097519011
B89097519011A